

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Институт химии

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института химии
д.х.н., профессор И.Ю. Горячева



« 05 » октября 20 21 г.

Рабочая программа дисциплины

БИОЭЛЕКТРОХИМИЯ

Направление подготовки бакалавриата

04.03.01 - Химия

Профиль подготовки бакалавриата

Физическая химия

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

очная

Саратов

2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель – разработчик	Казаринов Иван Алексеевич		05.10.21
Председатель НМК	Крылатова Яна Георгиевна		05.10.21
Заведующий кафедрой	Казаринов Иван Алексеевич		05.10.21
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины

Связь биологии с электрохимией имеет генетические корни. Она обусловлена самой природой вещей, а именно тем, что в основе многих жизненных процессов лежат электрохимические механизмы. Поэтому целью освоения дисциплины "Биоэлектрохимия" является подготовка специалистов в области физической химии, владеющих методами исследования электрохимических явлений, имеющих место в живой природе, об использовании их возможностей в реализации многих биотехнологических процессов: биоэлектрокатализ, биотопливные элементы (ферментные, микробные), биоэлектросенсоры и т. п.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина по выбору «Биоэлектрохимия» (Б1.В.ДВ.03.01) относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана ООП по направлению 04.03.01 «Химия», профиль «Физическая химия и преподается во 8 семестре.

Дисциплина базируется на основных положениях теоретической электрохимии, изучаемых студентами в дисциплинах «Физическая химия» (Б1.О.13), «Кинетика электродных процессов» (Б1.В.04), «Химические основы биологических процессов» (Б1.О.19). Для успешного освоения дисциплины студенты должны обладать базовыми знаниями, умениями и навыками в области общей, неорганической, органической, аналитической и физической химии, химии высокомолекулярных соединений в объеме курсов ООП бакалавриата по направлению подготовки 04.03.01 Химия.

Освоение дисциплины «Биоэлектрохимия» необходимо для последующего применения полученных знаний, умений и навыков:

- при прохождении преддипломной практики;
- при выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра;
- для самостоятельного решения ряда научных задач, поставленных научным руководителем (согласно тематике выполняемого исследования);
- при самостоятельном анализе научной литературы по теме исследования;
- для самостоятельного анализа и описания результатов экспериментальной работы, в том числе для подготовки тезисов, статей и т.п.;
- для успешной защиты выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<p>УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений</p>	<p>1.1_Б.УК-2. Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p> <p>2.1_Б.УК-2. Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений.</p> <p>3.1_Б.УК-2. Решает конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время</p> <p>4.1_Б.УК-2. Публично представляет результаты решения конкретной задачи проекта.</p>	<p>знать: -актуальные направления исследований в области электрохимии и биоэлектрохимии, связанные с разработкой новых биоэлектрохимических технологий</p> <p>уметь: - анализировать специальную литературу, составлять план исследования, привлекать современные биоэлектрохимические технологии, делать необходимые выводы и формировать предложения;</p> <p>владеть: -теорией и навыками практической работы, способностью анализировать полученные результаты</p>
<p>ПК-3. Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы</p>	<p>ПК-3.1. Проводит первичный поиск информации по заданной тематике, в том числе, с использованием баз данных</p> <p>ПК-3.2. Систематизирует научно-техническую информацию на русском и иностранном языках по заданной тематике</p> <p>ПК-3.3. Анализирует научно-техническую информацию для решения конкретной задачи</p>	<p>знать: интерактивные и локальные средства компьютерной обработки информационных данных;</p> <p>уметь: систематизировать научно-техническую информацию в области биоэлектрохимии и био-электрохимических технологий;</p> <p>владеть: методологией научного поиска и анализа научно-технической информации</p>

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 час. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

№ п/п	Раздел дисциплины	Се-местр	Неде-ля семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)		
				Всего	Лек-ции	Лабораторные занятия		СР			Конт роль
						Все-го	Из них на практич ескую подгото вку				
1	Предмет и задачи дисциплины. Общие принципы трансформации энергии в живых системах при дыхании и фотосинтезе.	8	9-10	12	3	7	3	2		Письменный реферат. Групповой разбор результатов реферативной работы.	
2	Окислительно-восстановительное равновесие мембранах.	8	11	10	2	6	2	2		Письменный реферат. Групповой разбор результатов реферативной работы.	
3	Классификация биологических редокс-систем.	8	12-13	10	2	6	3	2		Письменный реферат. Групповой разбор результатов реферативной работы.	
4	Электрохимия нервного импульса	8	14	16	3	9	4	4		Письменный реферат. Групповой разбор результатов реферативной работы.	
5	Некоторые прикладные аспекты биоэлектрохимии.	8	15	24	4	12	8	8		Письменные отчеты в лабораторном журнале.	
6	Промежуточная аттестация	8		36					36	Экзамен	
Итого: часов				108	14	40	20	18	36		

Содержание дисциплины

Тема 1. Общие принципы трансформации энергии в живых системах при дыхании и фотосинтезе.

Современное представление о биологическом окислении. Схема организации компонентов дыхательной цепи митохондрий. Механизм окислительного фосфорилирования. Хемиосмотическая теория П. Митчелла. Принцип работы митохондриального "топливного элемента". Сопряжение переноса электронов и фосфорилирования в митохондриях. Цикл Кребса.

Фотосинтез. Фотосинтетические пигменты. Перенос электронов в системе фотосинтеза. Термодинамика фотосинтетического процесса. Сопряжение переноса электронов и фотофосфорилирования. Цикл Кальвина.

Тема 2. Окислительно-восстановительное равновесие в мембранах.

Редокс-потенциал. Редокс-потенциал ион-металлических электродов. Мидпойнт-потенциал. Потенциал Доннана. Диффузионный потенциал. Мембранный потенциал.

Биологические мембраны. Модели структуры мембраны (бислойная липидная мембрана). Влияние белкового окружения на величину редокс-потенциала. О применимости понятия "редокс-потенциал" к микросистемам.

Пассивный и активный ионный транспорт.

Тема 3. Классификация биологических редокс-систем.

Топологический анализ редокс-систем.

Электрохимические свойства флавиновых соединений. Биологические функции флавинов. Электрохимические свойства свободных флавинов: рибофлавин, флавинмононуклеотид, флавинадениндинуклеотид. Влияние температуры на окислительное равновесие рибофлавина. Влияние ионов металлов на редокс-свойства флавинов. Электрохимические свойства флавинов в присутствии белков. Редокс-свойства аллоксазинов и изоаллоксазинов. Редокс-свойства флавопротеидов., витаминов группы К,

Электрохимические свойства хинонов. Редокс-потенциалы хинонов. Хиноны в электронном транспорте. Редокс-свойства убихинонов. Редокс-свойства витаминов группы К.

Электрохимические свойства хелатов металлов с циклическими лигандами. Комплексообразующие металлы в биологических процессах. Порфирины. Металлопорфирины. Хлорофилл. Витамин В₁₂.

Электрохимические свойства цитохромов. Цитохромы с-типа. Цитохромы в-типа. Цитохромы а-типа. Распределение цитохромов по значениям редокс-потенциалов.

Тема 4. Электрохимия нервного импульса.

Физическая и химическая сущность возникновения нервного импульса (потенциал покоя). Распространение нервного импульса (потенциал действия). Гипотеза местных токов. Экспериментальные методы изучения трансформации нервного импульса. Строение "электрического органа" угря.

Тема 5. Некоторые прикладные аспекты биоэлектрохимии.

Биосенсоры. Ферментные электроды. Сенсоры на основе микроорганизмов.

Биотопливные элементы. Немного истории биотопливных элементов. Микробные топливные элементы. Микробные системы, производящие водород как топливо для обычных топливных элементов. Микробные системы, производящие электрохимически активные метаболиты в анодном отсеке биотопливного элемента. Медиаторные микробные топливные элементы. Безмедиаторные микробные топливные элементы. Катоды для микробных топливных элементов.

Ферментные топливные элементы. Ферменты для анодных реакций биотопливных элементов. Аноды на основе биоэлектрокатализа НАДН. Аноды на основе биоэлектрокатализа блоков ФАД. Ферментные катоды в биотопливных элементах. Биоэлектрокаталитические катоды на основе перекисей. Биоэлектрокаталитические катоды на основе кислорода. Биотопливные элементы на основе слоистых ферментных электродов. Биотопливный элемент на основе PQQ и МР-11 монослойнофункционализированных электродов. Биотопливные ячейки на основе GO_x и МР-1 монослойнофункционализированных электродов. Безмембранная биотопливаемая ячейка на основе монослойных электродов GO_x и Cyt c/Co_x.

Биоэлектрохимические технологии переработки сточных вод, содержащих органические вещества.

Биологические стратегии обработки промышленных и сельскохозяйственных сточных вод:

- очистка сточных вод с помощью микробных топливных элементов (МТЭ);
- метаногенное анаэробное ферментативное расщепление органических веществ в сточных водах;
- ферментативное производство водорода из сточных вод;
- биологическое химическое производство.

Заключение

Перспективы в исследовании биоэлектрохимических явлений и применении биоэлектрохимических технологий.

Перечень лабораторных работ

№ п/п	№ темы	Наименование лабораторных работ
1.	2	Измерение мембранного потенциала. Влияние белкового окружения.
2.	3	Электрохимические свойства убихинонов.
3.	3	Электрохимические свойства витаминов.
4.	3	Электрохимические свойства рибофлавинов.
5.	5	Ферментные электроды.
6.	5	Сенсоры на основе микроорганизмов.
7.	5	Ферментный электрокатализ процесса восстановления кислорода.
8.	5	Определение кинетических параметров процесса окисления глюкозы с помощью E. Coli.
9.	5	Биоэлектрохимическая очистка сточных вод от органических веществ

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

При освоении дисциплины «Биоэлектрохимия» наряду с традиционными образовательными технологиями широко используются технологии, основанные на современных информационных средствах и методах научно-технического творчества: интерактивные лекции с элементами междисциплинарного обучения, практические занятия с использованием инновационных методов обучения: неимитационные методы – индивидуальная беседа с преподавателем в диалоговом режиме, групповые дискуссии, поисковая лабораторная работа; имитационные методы – опережающая самостоятельная работа (рефераты).

В рамках практической подготовки студентов профессиональные навыки формируются при выполнении лабораторных работ, при выполнении работы по индивидуальному научному плану в рамках научной тематике кафедры, формирование понятийного аппарата, понимание принципов, законов и методологии биоэлектрохимии происходит в рамках индивидуальных отчетов, разборах конкретных ситуаций и дискуссий.

Форма проведения занятий для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования), при необходимости предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Самостоятельная работа студентов включает:

- составление опорных конспектов по теме, различных видов таблиц (концептуальных, сравнительных), поиск информации в сети Интернет;
- разработка проектов (индивидуальных, групповых);
- изучение дополнительной литературы;
- выполнение поисковых лабораторных работ (с элементами научно-исследовательской работы);
- подготовка к лабораторным работам, оформление лабораторных работ, выполнение домашних заданий, подготовку к коллоквиуму, текущему и итоговому контролю, прохождению программируемого тестового опроса.

6.1. Темы рефератов (опережающей самостоятельной работы)

1. Общие принципы трансформации энергии в живых системах.
2. Митохондрии и окислительное фосфорилирование.
3. Фотосинтез. Перенос электронов в системе фотосинтеза.
4. Межфазное равновесие на границе ионообменная мембрана-раствор.
Потенциал Доннана. Мембранный потенциал.
5. Окислительно-восстановительные равновесия в мембранных системах.
6. Пассивный ионный транспорт в мембранах. Механизм пассивного ионного транспорта.
7. Активный ионный транспорт в мембранах. Механизм работы натрий-калий-АТФ-азы ("натриевого насоса").
8. Электрохимические свойства хинонов.
9. Электрохимия нервного импульса. Потенциал покоя. Потенциал действия.
10. Биосенсоры. Ферментные сенсоры. Сенсоры на основе микроорганизмов.
11. Биотопливные элементы. Микробные топливные элементы.
12. Биотопливные элементы. Ферментные топливные элементы.
13. Очистка сточных вод с помощью микробных топливных элементов.

14. Метаногенное анаэробное ферментативное расщепление органических веществ в сточных водах.
15. Ферментативное производство водорода из сточных вод.
16. Биологическое химическое производство.

6.2. Вопросы для самостоятельной работы и подготовки к экзамену

1. Биоэлектрохимия: исторический аспект. Основные направления развития современной биоэлектрохимии.
2. Общие принципы трансформации энергии в живых системах.
3. Превращение химической энергии в организме. Анаболизм и катаболизм – основные процессы метаболизма.
4. Биологическое окисление. Роль пиридинзависимых, флавинзависимых коферментов и цитохромов в переносе электронов.
5. Классификация ферментов. Апофермент, кофермент, простатическая группа. Механизм действия ферментов.
6. Митохондрии и окислительное фосфорилирование.
7. Механизм окислительного фосфорилирования. Хемосмотическая теория Митчелла. Сопряжение переноса электронов и фосфорилирования.
8. Цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса). Регуляция цикла трикарбоновых кислот.
9. Гликолиз. Спиртовое брожение, Микросомальное окисление.
10. Фотосинтез. Пигменты биологических систем.
11. Перенос электронов в системе фотосинтеза. Сопряжение переноса электронов при фотофосфорилировании в тилакоидах хлоропластов.
12. Схема фиксации диоксида углерода при фотосинтезе (цикл Кальвина).
13. Электрохимические свойства хинонов.
14. Редокс- и мидпойнт потенциал окислительно-восстановительной системы.
15. Межфазное равновесие на границе ионообменная мембрана-раствор. Потенциал Доннана. Мембранный потенциал.
16. Биологические мембраны. "Шоп-суи" – модель биологической мембраны.
17. Фосфолипиды. Бислойные мембраны. Модели структуры мембраны.
18. Окислительно-восстановительные равновесия в мембранных системах. Влияние белкового окружения на величину редокс-потенциала.
19. Применение понятия "редокс-потенциал" к микросистемам.

20. Пассивный ионный транспорт в мембранах. Механизм пассивного ионного транспорта.
21. Активный ионный транспорт в мембранах. Механизм работы натрий-калий-АТФ-азы ("натриевого насоса").
22. Электрохимия нервного импульса, Строение нервной клетки. Потенциал покоя. Потенциал действия.
23. Распространение нервного импульса. Гипотеза мембранных токов.
24. Роль медиаторов в передаче нервных импульсов.
25. Некоторые прикладные аспекты биоэлектрохимии. Биосенсоры. Ферментные сенсоры.
26. Сенсоры на основе микроорганизмов.
27. Биотопливные элементы. Микробные топливные элементы.
28. Ферментные топливные элементы.
29. Очистка сточных вод с помощью микробных топливных элементов.
30. Метаногенное анаэробное ферментативное расщепление органических веществ из сточных вод.
31. Ферментативное производство водорода из сточных вод.
32. Биологическое химическое производство.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
8	14	20	0	19	0	20	27	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

8 семестр

Лекции (7 лекций) — от 0 до 14 баллов

Оценивается посещаемость лекций и активность студента на лекции.

Посещение 1 лекции – 1.0 балл, работа на лекции – 1.0 балл.

Максимальное количество баллов – 14 баллов.

Лабораторные занятия (5 лабораторных работ) — от 0 до 20 баллов

Оценивается правильность выполненной лабораторной работы и качество ее оформления.

Правильность выполненной лабораторной работы – 2 балла, качество оформления лабораторной работы – 2 балла.

Максимальное количество баллов – 20 баллов.

Практические занятия - не предусмотрены.

Самостоятельная работа — от 0 до 19 баллов

Оценивается уровень самостоятельной подготовки студента к занятиям: лабораторным работам, написание рефератов (самостоятельное изучение теоретического материала с использованием методических разработок, основной и дополнительной учебной литературы и т.п.) – 10 баллов.

Оценивается подготовка и оформление реферата – 9 баллов.

Максимальное количество баллов – **19 баллов**.

Автоматизированное тестирование - не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности — от 0 до 20 баллов.

Оценивается степень подготовки студента к групповому обсуждению рефератов, активность участия в обсуждении.

Степень подготовки – 10 баллов, активность – 10 баллов.

Максимальное количество баллов – **20 баллов**.

Промежуточная аттестация (экзамен) — от 0 до 27 баллов

Оценивается сдача экзамена (степень владения теоретическим материалом и знание лабораторной техники).

При проведении промежуточной аттестации:

ответ на «**отлично**» оценивается от **23** до **27** баллов;

ответ на «**хорошо**» оценивается от **19** до **22** баллов;

ответ на «**удовлетворительно**» оценивается от **14** до **18** баллов;

ответ на «**не удовлетворительно**» оценивается от **0** до **13** баллов

Максимальное количество баллов за промежуточную аттестацию – **27 баллов**.

Форма проведения промежуточной аттестации для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Варианты итоговой аттестации в данном случае могут быть следующими: только устный ответ без письменного конспекта на бумаге, только письменный ответ (конспект ответа) на бумаге или письменный ответ (конспект ответа) на компьютере без устного ответа, ответ на билет в форме тестирования. При необходимости предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента в 8 семестре по дисциплине «Биоэлектрохимия» составляет 100 баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Биоэлектрохимия» в оценку (экзамен):

86 – 100 баллов	«отлично»
-----------------	-----------

70 – 85 баллов	«хорошо»
50 – 69 баллов	«удовлетворительно»
0 – 49 баллов	«не удовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) литература

1. Казаринов И.А. Введение в биологическую электрохимию. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2012. – 216 с. ✓14
2. Развитие биоэнергетики, экологическая и продовольственная безопасность [Электронный ресурс] : научное издание / Федоренко В. Ф. - Москва : Росинформагротех, 2009. - 144 с. - ЭБС IPRbooks. ✓
3. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. М.: Химия, КолосС, 2006. - 672 с. ✓5
4. Будников Г.К., Майстренко В.Н., Вяселев. М.Р. Основы современного электрохимического анализа. – М.: Мир: Бином ЛЗ, 2003. – 592 с. ✓20

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Microsoft Excel версии 2003 или новее или соответствующий аналог свободно распространяемых пакетов офисных приложений;
2. Microsoft Word версии 2003 или новее или соответствующий аналог свободно распространяемых пакетов офисных приложений.
3. Чуриков А.В. Электронный курс лекций Физхимия, 2 часть, "Электрохимия" 2012 г.. <https://www.sgu.ru/node/27/studentu/uchebnye-materialy>
4. Чуриков А.В., Казаринов И.А. Электронный вариант курса лекций «Современные химические источники тока» // 1 файл; 1,7 Мб; 2012 год; размещено на сайте НБ СГУ в рубрике "ЭБ учебно-методической литературы" – http://library.sgu.ru/uch_lit/657.pdf

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория для чтения лекций.
2. Мультимедийный проектор с компьютером для демонстрации презентаций.
3. Специализированный компьютерный класс с выходом в сеть Интернет.
4. Учебная лаборатория (№6) для выполнения лабораторных работ, оснащенные необходимым оборудованием.
5. Штаммы микроорганизмов и другие химические реактивы.
6. Химическая посуда.

7. Учебно-методические разработки для изучения теоретического материала, подготовки к учебным и поисковым практическим работам и отчетам по ним.

8. Кафедральная библиотека с научной литературой.

Для доступа в интернет используются компьютеры (аудитория № 28а) с лицензионной операционной системой (windows XP), бесплатные программы-браузеры (Mozilla и др.) для доступа к базам данных, научным библиотекам и каталогам данных.

Использование технических средств является доступным для широкого круга пользователей с ограниченными возможностями здоровья и позволяет осуществлять прием-передачу информации в доступной форме.

Место осуществления практической подготовки: учебные лаборатории Института химии.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 04.03.01 «Химия» и профилю подготовки «Физическая химия»

Автор

д.х.н., профессор Казаринов И. А.

Программа одобрена на заседании кафедры физической химии от 05 октября 2021 года, протокол № 2.