

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

для обучающихся по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «БИОФИЗИКА»

для студентов

05.03.06 Экология и природопользование

Направленность (профиль) Экология и экологическая безопасность

Ставрополь, 2026 г.

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины «Биофизика» является обеспечение обучающихся необходимой информацией для овладения знаниями в области изучения биологической физики, приобретение студентами практических навыков и умений работы в лаборатории, освоение современных методов биофизических исследований, формирование исходных теоретических понятий, отражающих фундаментальные механизмы взаимодействий в биологических системах, подготовка высококвалифицированных специалистов для практического здравоохранения.

В процессе обучения решаются следующие задачи:

- формирование у студентов целостного представления о предмете;
- изучение исходных теоретических понятий, отражающих фундаментальные механизмы взаимодействий в биологических системах,
- приобретение знаний в области биологических проблем, связанных с физическими и физико-химическими механизмами жизненных процессов, трансформации энергии в биологических системах, электронно-конформационных взаимодействий в биомакромолекулах, регуляции и самоорганизации сложных биологических систем;
- приобретение студентами практических навыков и умений работы в лаборатории, освоение современных методов биофизических исследований.

Изучение биофизики включает в себя освоение лекционного курса и материалов занятий, а также самостоятельную работу студентов.

Посещение лекций является обязательным.

На практических занятиях проводится тестовый контроль знаний в устной и письменной форме, обсуждение основных теоретических положений темы, решение ситуационных задач, разбор методик для выполнения практических работ, обсуждение результатов.

На итоговых занятиях проводится собеседование в устной форме или письменная работа.

Экзамен принимается в устной форме.

Преподавание данного предмета требует включать общенаучные методы: анализ (метод научного исследования, состоящий в мысленном или фактическом разложении целого на составные части) и синтез (метод научного исследования предмета, явления, состоящий в познании его как единого целого, в единстве и взаимной связи его частей); методы индукции (логическое умозаключение от частных единичных случаев к общему выводу, от отдельных фактов к обобщениям); дедукции (логическое умозаключение от общего к частному, от общих суждений к частным или другим общим выводам); моделирование, эксперимент (в том числе используется потенциал мысленного эксперимента). Кроме того, используются возможности метода опосредованной практической проверки, когда доказательство представлено как цепь логических рассуждений и лишь отдельные звенья этой цепи требуют постановки эксперимента. Используются также возможности аксиоматического метода.

Способы учебной деятельности включают самостоятельную, аудиторную работу студентов, развитие творческих способностей (работа над рефератами, докладами, работа в рамках научной школы и т.д.).

Материально-техническое обеспечение включает таблицы, слайды, стенды, видеофильмы, технические средства.

Методические рекомендации к СРС

3.1. Люминесцентные метки и зонды и их применение в медицине.

Цель занятия: объяснить основные виды и стадии фотохимических реакции в биологических системах, изучение продуктов первичных фотобиохимических реакций, свободнорадикальное окисление, первичные фотохимические реакции белков, действие ультрафиолетового излучения на структуры ДНК. Применение люминесцентных зондов в медицине.

Задания:

Фотохимические реакции. Первичный фотохимический акт.

Изучение продуктов первичных фотобиохимических реакций.

Фотохимические реакции при электронно-возбужденных состояниях пиримидиновых оснований.

Реакция фотодимеризации. Реакция фотогидратации. Сшивки с белками.

Люминесцентная микроскопия.

Люминесцентные метки и зонды и их применение в медицине. Форма выполнения: выполнение индивидуальных заданий, доклад. Критерии выполнения:

В работе нужно:

1. В докладе кратко изложить тему.
2. Подобрать цветные слайды.
3. Подготовить презентацию по теме.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» ставится, если студент во время и без ошибок выполнил и своевременно сдал индивидуальное задание. Самостоятельно использовал дополнительную литературу, Интернет.

Оценка «хорошо» ставится, если студент выполнил и своевременно сдал индивидуальное задание без принципиальных замечаний, в работе допустил не принципиальные неточности и ошибки, смог сам исправить ошибки.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если студент при выполнении индивидуального задания нуждался в помощи преподавателя, в работе допустил неточности и не принципиальные ошибки, не проявлял активности в поиске решений, испытывал большие трудности в анализе результатов работы.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если студент не выполнил отдельное задание, в работе допустил принципиальные ошибки, не проработал всю основную литературу.

Контрольные вопросы

В чем суть закона фотохимии?

Негативные и позитивные фотобиологические процессы.

Стадии фотохимических реакций.

Какие стадии имеет фотохимическая реакция?

Особенность биологического действия ультрафиолетового излучения.

С чего начинаются и чем заканчиваются фотобиологические реакции организма?

3.2. Пассивные механические свойства биологических тканей.

Цель занятия: изучить основные понятия и законы механических свойств биологических тканей: процессы деформации тканей и клеток, функции опорно-двигательной системы организма, распространение волн упругой деформации, сокращение и расслабление мышц,

конвекционное движение биологических жидкостей и легочного газа.

Задания:

Механические модели биообъектов. Закон Гука при деформации тканей. Механические свойства мышц и костей.

Механические свойства стенки кровеносных сосудов. Механические процессы в легких.

Молекулярные основы упругих свойств биообъектов.

Форма выполнения: выполнение индивидуальных заданий, доклад.

В работе нужно:

1. В докладе кратко изложить тему.
2. Подобрать цветные слайды.
3. Подготовить презентацию по теме.

Контрольные вопросы:

1. Механические свойства биологических тканей:

а) строение и физические свойства костной, мышечной и соединительной ткани.

б) закон Гука для костной ткани и эластомеров.

в) эффект Гистерезиса при деформации биологических тканей. Вязкоупругие или упруго-вязкие системы.

Схемы механических моделей, отражающих основные свойства различных тканей.

Что называется временем запаздыванием?

Зависимость напряжения в механических системах при их ступенчатом удлинении.

Основное уравнение деформации кровеносного сосуда. Сила поверхностного натяжения жидкостей.

Механизм деформации в молекулах белков.

3.3. Биофизика мышечного сокращения

Цель занятия: изучить основные понятий механизма работы мышц, механические свойства мышц.

Задания:

Механические свойства мышц. Закон Гука.

Феноменологические соотношения между нагрузкой, скоростью сокращения и общей мощностью мышцы. Работа мышц.

Механизм мышечного сокращения. Тонкая структура мышц.

Ферментативные свойства актомиозина. Кальциевый насос.

Теория механизма мышечного сокращения

Форма выполнения: выполнение индивидуальных заданий, доклад.

В работе нужно:

1. В докладе кратко изложить тему.
2. Подобрать цветные слайды.
3. Подготовить презентацию по теме.

Контрольные вопросы:

Закон Гука при растяжении мышц.

При сокращении мышцы, какими элементами обладают? Виды мышечных сокращений.

Основное уравнение сокращения мышцы. Уравнение Хилла. Чему равна КПД мышечного сокращения?

При увеличении нагрузки, как измениться КПД мышечного сокращения увеличиться или уменьшиться?

Что представляет собой мышечное волокно? Что содержит мышечное волокно?

Зависимость силы сокращения поперечно-полосатого мышечного волокна от длины саркомера.

3.4. Источники погрешностей при регистрации медицинских показателей

Цель занятия: Изучить основные условия возникновения погрешностей при регистрации медицинских параметров и способы их устранения.

Задания:

Электробезопасность медицинской аппаратуры. Надежность медицинской аппаратуры.

Требования, предъявляемые к электродам. Требования, предъявляемые к датчикам.

Возникновение гальванической ЭДС при контакте электродов с биологической тканью.

Электролитическая поляризация электродов. Специфические погрешности датчиков.

Нелинейные искажения усилителей. Частотные искажения усилителей.

Искажение биосигнала за счет помех. Шумы.

Форма выполнения: выполнение индивидуальных заданий, доклад.

В работе нужно:

1. В докладе кратко изложить тему.
2. Подобрать цветные слайды.
3. Подготовить презентацию по теме

Контрольные вопросы по теме:

Способы обеспечения электробезопасности медицинской аппаратуры. Вероятность безотказной работы аппаратуры.

Требования, предъявляемые к электродам. Требования, предъявляемые к датчикам.

Возникновение гальванической ЭДС при контакте электродов с биологической тканью.

Электролитическая поляризация электродов.

3.5. Физические основы воздействия звука на биологические ткани. Применение ультразвуковых исследований в медицине.

Цель занятия: ознакомиться с принципом работы ультразвуковой медицинской техники и применением в медицине.

Задания:

1. Звук. Объективные и субъективные характеристики. Физические характеристики ультразвука. Биологическое воздействие ультразвука. Ультразвуковые генераторы

Физические процессы, обусловленные воздействием УЗ на биологические объекты.

Ультразвуковая диагностика (импульсная, с использованием сканирования, доплеровская).

Механизмы действия УЗ излучения на биологические ткани. Применение УЗ в медицине.

Форма выполнения: выполнение индивидуальных заданий.

Контрольные вопросы по теме:

Диапазон ультразвука. Интенсивность ультразвука.

Особенности распространения ультразвука. Отражение ультразвука на границе двух сред. Скорость распространения УЗ волн.

Поглощение УЗ волн средой. Биологическое воздействие ультразвука.

Применение УЗ в медицине.

Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Перечень основной литературы

1. Медицинская физика : учебник / В. А. Федоров, А. В. Яковлев, Т. Н. Плужникова [и др.]. — Тамбов : ТГУ им. Г.Р.Державина, 2023. — 221 с. — ISBN 978-5-00078-755-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/451676> (дата обращения: 01.02.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Мухин, К. Н. Экспериментальная ядерная физика : учебник : в 3 томах / К. Н. Мухин. — 6-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022 — Том 3 : Физика элементарных частиц — 2022. — 432 с. — ISBN 978-5-8114-0741-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210137> (дата обращения: 01.02.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Савельев, И. В. Курс общей физики. В 3 томах. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц : учебник для вузов / И. В. Савельев. — 16-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 320 с. — ISBN 978-5-507-50503-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/440198> (дата обращения: 01.02.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень дополнительной литературы

1. Биофизика и биоматериалы. Механика : учебное пособие / А. А. Новиков, Д. А. Негров, В. Ю. Путинцев, А. Р. Мулюкова. - Омск : Омский государственный технический университет, 2017. - 115 с. - ISBN 978-5-8149-2514-5. - Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/78425.html>
2. Гурьев, А. И. Биофизика. Вопросы и задачи : практикум / А. И. Гурьев. - Саратов : Вузовское образование, 2020. - 176 с. - ISBN 978-5-4487-0712-4. - Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/99120.html>
3. Гурьев, А. И. Биофизика. Экспериментальные работы : практикум / А. И. Гурьев. - Саратов : Вузовское образование, 2020. - 347 с. - ISBN 978-5-4487-0711-7. - Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/99122.html>
4. Гурьев, А. И. Биофизика. Минимальный курс : учебное пособие / А. И. Гурьев. - Саратов : Вузовское образование, 2020. - 345 с. - ISBN 978-5-4487-0710-0. - Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/99121.html>
5. Гурьев, А. И. История биофизики : учебное пособие / А. И. Гурьев. - Саратов : Вузовское образование, 2020. - 197 с. - ISBN 978-5-4487-0665-3. - Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/99123.html>
6. Ризниченко, Г. Ю. Математические модели в биофизике и экологии / Г. Ю. Ризниченко. - Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2019. - 184 с. - ISBN 978-5-4344-0734-2. - Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/91957.html>
7. Практикум по биофизике. В 2 частях. Ч.2 / А. М. Абатурова, Т. К. Антал, А. А. Байжуманов [и др.] ; под редакцией А. Б. Рубина, Г. В. Максимова, С. М. Ременникова. - 2-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 510 с. - ISBN 978-5-00101-775-2 (ч.2), 978-5-00101-773-8. - Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/98539.html>

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению практических работ
по дисциплине «БИОФИЗИКА»
для студентов

05.03.06 Экология и природопользование

Направленность (профиль) Экология и экологическая безопасность

Ставрополь , 2026 г.

Механизмы действия высокоинтенсивного лазерного излучения на биологические ткани.

Цель занятия: ознакомиться с принципом работы ультразвуковой медицинской техники, лазерной техники, применением в медицине.

Задания: Изучить:

Квантовая электроника. Индуцированное излучение. История развития лазерной техники. Принцип устройства лазера.

Свойства лазерного излучения.

Низкоинтенсивные лазеры, свойства, действие на биологические ткани. Высокоинтенсивные лазеры, свойства, действие на биологические ткани Действие лазерного излучения на ДНК.

Применение лазеров в медицине.

Форма выполнения: выполнение индивидуальных заданий.

Контрольные вопросы по теме:

Принципы устройства лазеров. Твердотельный рубиновый лазер.

Четырехуровневый рубиновый лазер на ионах редкоземельных элементов. Устройство гелий-неонового лазера..

Свойства лазерного излучения. Высокая монохроматичность, Мощность лазерного излучения Узость пучка лазерного излучения. Когерентность лазерного излучения.

Применение лазеров в медицине в хирургии, стоматологии, офтальмологии, дерматологии, онкологии.

Влияние электрических и магнитных полей на живой организм.

Цель занятия: ознакомиться с техникой основанной на применении электрических и магнитных полей, действием полей на живой организм.

Задания: Изучить:

Действие переменного электрического тока на живую ткань. УВЧ-терапия.

Действие переменного магнитного поля на ткань. Индуктотермия Измерение высокочастотной мощности. Кардиостимуляторы.

Индукционный нагрев вихревыми токами. Воздействия электромагнитными волнами. Микроволновая и ДЦВ терапия.

СВЧ-терапия. Высокочастотная хирургия.

Форма выполнения: выполнение индивидуальных заданий. Критерии выполнения:

В работе нужно: при самостоятельном изучении данной темы разобрать и изучить все вопросы, указанные в плане реферата.

Контрольные вопросы по теме:

Действие переменного электрического тока на живую ткань. УВЧ-терапия.

Измерение высокочастотной мощности. Кардиостимуляторы.

Действие переменного магнитного поля на ткань. Индуктотермия.

Воздействия электромагнитными волнами. Микроволновая и ДЦВ терапия.

Высокочастотная хирургия. СВЧ-терапия.

Искусственные органы

Цель занятия: Разобрать основные направления современного направления медицины – создание искусственных органов.

Задания:

Что такое искусственные органы.

Механические свойства биологических тканей: мышц, костей. Физико-химические свойства полимеров.

Биополимеры как структурная основа живых организмов. Использование искусственных материалов при протезировании.

Искусственные механические органы (зубные протезы, металлические суставы и связки, электронные протезы конечностей...)

Искусственные внутренние органы: искусственное сердце, легкое, печень, почки...

Искусственная кровь.

Идеальные искусственные органы. Искусственные мембраны.

Перспективы использования стволовых клеток.

Форма выполнения: выполнение индивидуальных заданий: доклады, презентации, обзор литературы.

В работе нужно:

1. В докладе кратко изложить тему.
2. Подобрать цветные слайды.
3. Подготовить презентацию по теме.

Контрольные вопросы по теме:

Механические свойства мышц, костей, кровеносных сосудов. Физико-химические свойства полимеров.

Возможности использования полимеров в медицине для изготовления протезов внутренних частей организма (кровеносных сосудов, клапанов сердца, сухожилий, вживляемых глазных линз...)

Применение полимеров для создания искусственной крови. Использование искусственных мембран.

Биополимеры как структурная основа живых организмов. Использование искусственных материалов при протезировании.

Электрическая активность сердца.

Цель занятия: Изучить процессы возникновения электрической активности сердца и возможности использования электрокардиограмм в медико-биологической практике.

Задания:

Электрические свойства тканей организма. Классификация тканей по электропроводимости.

Электропроводимость биологических тканей и жидкостей при постоянном токе.

Мультипольный эквивалентный генератор сердца. Потенциал мультиполя.

Электрический диполь. Поле диполя, потенциал в поле диполя.

Эквивалентный электрический генератор органов и тканей.

Дипольный эквивалентный генератор сердца. Физические основы электрокардиографии.

Теория Эйнтховена. Отведения. Виды отведений.

Электрокардиография. Векторэлектрокардиография.

В работе нужно:

1. В докладе кратко изложить тему.
2. Подобрать цветные слайды.

3. Подготовить презентацию по теме

Контрольные вопросы по теме:

Мультипольный эквивалентный генератор сердца. Потенциал мультиполя.

Электрический диполь.

Поле диполя, потенциал в поле диполя.

Эквивалентный электрический генератор органов и тканей. Дипольный эквивалентный генератор сердца.

Физические основы электрокардиографии. Теория Эйнтховена.

Интегральный электрический вектор сердца. Треугольник Эйнтховена.

Отведения. Виды отведений. Электрокардиография.

Векторэлектрокардиография.

Методы исследования электрической активности различных органов.

Цель занятия: Изучить теорию эквивалентного генератора органов и методы исследования работы органов и тканей.

Задания:

Электрическая активность органов.

Внешние электрические поля органов.

Принцип эквивалентного генератора.

Расчет распределения электрического потенциала на заданной поверхности тела по заданным характеристикам эквивалентного генератора.

Определение характеристик изучаемого органа по измеренным потенциалам.

Теоретические основы электромиографии, электроплетизмографии, реоэнцефалографии.

В работе нужно:

1. В докладе кратко изложить тему.
2. Подобрать цветные слайды.
3. Подготовить презентацию по теме.

Контрольные вопросы по теме:

1. Природа электрической активности органов.
2. Внешние электрические поля органов.
3. В чем состоит принцип эквивалентного генератора.
4. Что означает термин «эквивалентный»?
5. Что такое электрография?

Электрическая активность центральной нервной системы. Электроэнцефалография.

Цель занятия: Изучить теоретические основы метода ЭЭГ, основные ритмы ЭЭГ и их функциональное значение.

Задания:

Электрическая активность головного мозга.

Электроэнцефалограмма.

Общие сведения об электроэнцефалографических электродах.

Основные типы ритмов ЭЭГ.

Амплитудно-частотная характеристика ритмов.

Физиологические и патологические ритмы.

Оценка характера и степени сдвигов функционального состояния нервных структур головного мозга.

Моделирование электрической активности коры головного мозга с помощью эквивалентного генератора.

Медицинская техника для электроэнцефалографии.

В работе нужно:

1. В докладе кратко изложить тему.
2. Подобрать цветные слайды.
3. Подготовить презентацию по теме

Контрольные вопросы по теме:

Основы метода ЭЭГ. Характер биоэлектрической активности мозга. Диагностическая ценность метода ЭЭГ.

Электрическая активность головного мозга. Блок-схема энцефалографа.

Электроэнцефалограмма.

Характеристика основных ритмов электроэнцефалограммы

Оценка характера и степени сдвигов функционального состояния нервных структур головного мозга.

Моделирование электрической активности коры головного мозга с помощью эквивалентного генератора.

Метод построения карт электрической активности мозга. Медицинская техника для электроэнцефалографии.

Использование ЯМР и ЭПР в медицинских исследованиях

Цель занятия: ознакомиться с физической сущностью ЯМР и ЭПР, его медико-биологическим применением.

Задания:

Физическая сущность ЭПР.

Расщепление энергетических уровней. Явление Зеемана. Спектральные линии ЭПР.

Электронное расщепление. Сверхтонкое расщепление. Спектрометры ЭПР. Устройство и принцип работы.

Спиновые зонды.

Применение спектров ЭПР в медико-биологических исследованиях Физическая сущность ЯМР.

Спектры ЯМР. ЯМР-интроскопия.

Использование ЯМР в медико-биологических исследованиях.

В работе нужно: при самостоятельном изучении данной темы разобрать и изучить все вопросы, указанные в плане доклада.

Контрольные вопросы по теме:

Расщепление энергетических уровней в магнитном поле Явление Зеемана.

Сущность электронного парамагнитного резонанса. Условие резонансного поглощения.

Спектральные линии ЭПР.

Электронное расщепление спектра ЭПР. Сверхтонкое расщепление спектра ЭПР. Спектрометры ЭПР. Устройство и принцип работы. Спиновые зонды.

Физическая сущность ЯМР.

Спектры ЯМР. Типы линий в спектре ЯМР. ЯМР-томография.

Использование ЯМР в медико-биологических исследованиях для изучения структуры молекул.

Применение ЯМР в медицине.

Перечислите условия выполнения закона Бугера-Ламберта-Бера.

1. Сформулируйте закон аддитивности оптических плотностей.

Тема раздела: Квантово-механические основы строения биомолекул
Качественный спектрофотометрический анализ

Цель занятия: изучить принцип работы спектрофотометра; методы качественного спектрофотометрического анализа биомолекул.

Вопросы для самостоятельной подготовки:

1. Индуктивно-резонансная миграция энергии.
2. Триплет-триплетная миграция энергии.
3. Биофизические основы качественного спектрофотометрического анализа.

Краткий теоретический материал

Качественный анализ вещества предполагает, во-первых, молекулярный анализ – обнаружение в веществе определённых молекул, во-вторых, структурный анализ – обнаружение отдельных структурных фрагментов и определение их взаимного расположения.

Качественный спектрофотометрический анализ основан на том, что каждое соединение имеет характерный для него спектр поглощения. Положение и интенсивность полос поглощения вещества определяется содержащимися в нём хромофорными группами.

Для отождествления измеренного спектра поглощения со спектром какого-либо вещества определяют следующие параметры:

1. Количество максимумов в спектре поглощения;
2. Спектральное положение максимумов (λ_{max}) полос поглощения;
3. Полуширину полос поглощения ($\Delta\lambda_{1/2}$) – разность между двумя длинами волн, при которых оптическая плотность составляет половину от максимальной;
4. Амплитуду максимумов (ε^{max});
5. Отношение амплитуд максимумов (I_1^{max}/I_2^{max}).

Далее спектр исследуемого соединения сравнивают с полученным при таких же экспериментальных условиях спектром данного соединения, приведённым в литературе или с полученным ранее с использованием заведомо известного образца. Наличие в исследуемом спектре всей совокупности полос с совпадающими с точностью до 1 нм положениями максимумов и до 10% значениями максимальных коэффициентов экстинкции свидетельствует о тождественности исследуемого и сравниваемого соединений. Появление лишних полос или увеличение интенсивности отдельных максимумов может быть вызвано присутствием примесей в исследуемом растворе.

Практическая часть

Оборудование: спектрофотометр СФ-103, стеклянные кюветы с длиной оптического пути 1 см, растворы веществ различной окраски.

Порядок выполнения работы:

1. Последовательно получите спектры поглощения исследуемых растворов в диапазоне длин волн 400 – 560 нм через каждые 5 нм. В качестве контрольного образца берётся дистиллированная вода.
2. На рисунках постройте полученные спектры поглощения. Определите количество максимумов в спектрах поглощения, спектральное положение максимумов (λ_{max}), полуширину полос поглощения.
3. На подготовленном рисунке сделайте все необходимые обозначения и подписи.
4. Сформулируйте и запишите выводы в рабочей тетради.

Вопросы для самоконтроля:

1. В чем состоит метод качественного спектрофотометрического анализа? Спектры поглощения и пропускания.
2. Основные элементы приборов для спектрофотометрического анализа. Источники излучения, светофильтры и монохроматоры, кюветы, приёмники излучения.
3. Погрешности спектрофотометрических измерений. Ошибки вследствие нарушения закона Бугера-Ламберта-Бэра.
4. Опишите устройство и принцип действия спектрофотометра.
5. Для чего применяется качественный спектрофотометрический анализ в медицине и биологии?

Количественный спектрофотометрический анализ

Цель занятия: изучить метод количественного спектрофотометрического анализа.

Вопросы для самостоятельной подготовки:

1. Полупроводниковая миграция энергии (зонная проводимость)
2. Экситонная миграция.
3. Биофизические основы количественного спектрофотометрического анализа.

Краткий теоретический материал

Количественный спектрофотометрический анализ проводится на основе закона Бугера-Ламберта-Бера, который устанавливает количественную взаимосвязь между поглощением света той или иной длины волны исследуемым веществом и его концентрацией.

Для определения концентрации вещества в растворе можно использовать следующие подходы:

1) если заранее известно значение коэффициента молярной экстинкции при данной длине волны монохроматического света ε_λ (лучше всего в одном из главных максимумов поглощения) то, зная толщину поглощающего слоя кюветы (длину оптического пути l), которая обычно указывается на ее боковой стенке, можно рассчитать концентрацию исследуемого вещества по формуле:

$$C = D / \varepsilon \cdot l$$

Для многих веществ ε_λ хорошо известны и представляют собой табличные значения. Однако при использовании заранее известного значения ε_λ необходимо стараться точно воспроизвести условия, при которых оно было определено.

2) если есть возможность приготовить стандартный раствор вещества с известной концентрацией (C_{cm}) (взяв точную навеску), то можно определить концентрацию вещества в исследуемом растворе (C_x), не зная ε_λ . В этом случае пользуются следующими формулами:

$$D_{cm} = \varepsilon \cdot C_{cm} \cdot l; \quad D_x = \varepsilon \cdot C_x \cdot l;$$

$$D_x / D_{cm} = \varepsilon \cdot C_x \cdot l / \varepsilon \cdot C_{cm} \cdot l;$$

$$\Rightarrow C_x = D_x \cdot C_{cm} / D_{cm}$$

3) графический метод, основанный на построении калибровочного графика в координатах D и C . Для построения калибровочного графика измеряют поглощение серии растворов данного вещества с известной концентрацией. Получаемый график обычно представляет собой прямую линию, тангенс угла наклона (tg_α) которой равен $\varepsilon_\lambda \cdot l$ (при $l = 1$ см $\text{tg}_\alpha = \varepsilon_\lambda$). Измерив D исследуемого раствора, можно по калибровочному графику определить концентрацию вещества.

Практическая часть

Оборудование: спектрофотометр СФ-103, стеклянные кюветы с длиной оптического пути 1 см, растворы рибофлавина (60 мкМ), эозина (10 мкМ) и их смеси в дистиллированной воде.

Порядок выполнения работы:

1. Последовательно измерьте спектры поглощения раствора рибофлавина, эозина в диапазоне длин волн 400 – 560 нм через каждые 5 нм. В области максимумов поглощения измерения проводить с шагом 1 нм. В качестве контрольного образца берется дистиллированная вода.

2. На рисунке 1 постройте полученные спектры поглощения. Определите количество максимумов в спектрах поглощения, спектральное положение максимумов (λ_{max}), полуширину полос поглощения.

3. На полученных спектрах выберите две длины волны λ_1 и λ_2 так, чтобы при λ_1 поглощал в основном рибофлавин, а при λ_2 – эозин. Отметьте выбранные длины волн на рисунке. Рассчитайте коэффициенты молярной экстинкции веществ при двух выбранных длинах волн.

4. Заполните таблицу:

Таблица 3. Спектры поглощения и длины волн исследуемых веществ

	λ_1 , нм	λ_2 , нм
$\varepsilon_{\text{рибофлавин}}$, $\text{M}^{-1}\text{cm}^{-1}$		
$\varepsilon_{\text{эозин}}$, $\text{M}^{-1}\text{cm}^{-1}$		
D смеси		

5. На подготовленном рисунке сделайте все необходимые обозначения и подписи.

6. Сформулируйте и запишите выводы в рабочей тетради.

Вопросы для самоконтроля:

1. В чем состоит метод количественного спектрофотометрического анализа?
2. Опишите устройство и принцип действия спектрофотометра.
3. Для чего применяется количественный спектрофотометрический анализ в медицине и биологии?

Количественный спектрофотометрический анализ многокомпонентных смесей

Цель занятия: исследовать зависимость оптической плотности растворов от концентрации и провести количественный спектрофотометрический анализ многокомпонентных смесей.

Вопросы для самостоятельной подготовки:

1. Межмолекулярный перенос заряда.
2. Слабый и сильный перенос.
3. Особенности спектрофотометрического анализа многокомпонентных смесей.
4. Применение методики абсорбционного анализа в медицине.

Краткий теоретический материал

С помощью *абсорбционного анализа* можно одновременно определять концентрацию нескольких веществ в растворе при условии, что спектры их поглощения различаются по форме. Если компоненты смеси не взаимодействуют между собой, то измеряемая оптическая плотность будет представлять сумму оптических плотностей компонентов (поскольку D есть величина аддитивная).

Выбранные длины волн λ_1 и λ_2 должны быть такими, чтобы молярные коэффициенты поглощения компонентов смеси при этих длинах волн различались максимально, т.е. чтобы при $\lambda_1 \varepsilon_A \gg \varepsilon_B$ (поглощает свет преимущественно компонент А), а при $\lambda_2 \varepsilon_B \gg \varepsilon_A$ (поглощает свет преимущественно компонент В). Это условие часто, но не всегда, выполняется, если λ_1 и λ_2 соответствуют максимумам поглощения компонентов. Аналогичным способом определяется концентрация веществ в многокомпонентных смесях (число длин волн, при которых проводятся определения, равно числу компонентов смеси), однако точность определений резко уменьшается с увеличением числа компонентов.

В случае, если молярные коэффициенты экстинкции неизвестны, их следует определить, измерив оптические плотности стандартных растворов известной концентрации для каждого из компонентов при λ_1 и λ_2 .

Практическая часть

Оборудование: спектрофотометр СФ-103, стеклянные кюветы с длиной оптического пути 1 см, растворы рибофлавина (60 мкМ), эозина (10 мкМ) и их смеси в дистиллированной воде.

Порядок выполнения работы:

1. Из исходного раствора рибофлавина приготовьте серию разведений (100, 50, 10, 5, 1, 0.1, 0.01 мкМ) и измерьте их оптическую плотность при длине волны 445 нм. В качестве контрольного образца берётся дистиллированная вода.

2. На рисунке постройте график зависимости оптической плотности от концентрации рибофлавина.
3. Из полученной зависимости рассчитайте значение коэффициента молярной экстинкции (ϵ) для рибофлавина.
4. Отметьте минимальную концентрацию рибофлавина, которую можно определить при данных условиях с помощью спектрофотометрического анализа.
5. Определите диапазон концентраций рибофлавина, при которых достигается наибольшая точность определения оптической плотности.
6. Измерьте оптическую плотность раствора рибофлавина с неизвестной концентрацией при длине волны 445 нм.
7. Определите неизвестную концентрацию рибофлавина, используя вычисленное значение коэффициента молярной экстинкции.
8. Определите неизвестные концентрации рибофлавина и эозина в их смеси, используя измеренные значения оптической плотности и вычисленные значения коэффициента молярной экстинкции.
9. На подготовленном рисунке сделайте все необходимые обозначения и подписи.
10. Сформулируйте и запишите выводы в рабочей тетради.

Вопросы для самоконтроля:

1. Запишите закон Бугера-Ламберта-Бера.
2. Изобразите графики зависимости оптической плотности раствора от его концентрации и длины волны света.
3. В чем заключается метод абсорбционного анализа многокомпонентных смесей?
4. Для чего применяется абсорбционный анализ в медицине и биологии?
5. Метод абсорбционной спектроскопии. Основные величины используемые в абсорбционной спектроскопии (относительные, молярные, молекулярные, статистические характеристики поглощения).

Спектрофотометрический анализ биологических объектов

Цель занятия: изучить зависимость оптической плотности раствора от концентрации.

Вопросы для самостоятельной подготовки:

1. Особенности спектрального исследования физико-химических свойств биологических объектов.
2. Понятие светорассеяния в биологических объектах.
3. Влияние светорассеяния на спектры поглощения.
4. Эффект «сита».

Краткий теоретический материал

Для исследования физико-химических свойств *биологических объектов* широко используют абсорбционную спектрофотометрию. В некоторых случаях исследуемый объект состоит из частиц, образующих скорее суспензию, чем раствор (например, суспензии клеток, клеточных органелл и т.д.). Это приводит к тому, что кроме поглощения света в изучаемом образце может наблюдаться его рассеяние. Это приводит к увеличению

фактической длины оптического пути луча света, проходящего через образец, в результате чего оптическая плотность рассеивающего объекта также повышается.

Вещества, поглощающие свет в биологических системах, обычно не распределены равномерно по всему объёму, а сосредоточены в клеточных структурах: хлоропластах, митохондриях и т. д. Часть лучей, пронизывая поглощающие частицы, сильно ослабляется, тогда как другая часть лучей "проскакивает" через толщу образца без поглощения. Это так называемый эффект "сита" (или "проскока"). Эффект «сита» приводит к тому, что в интенсивных максимумах поглощения оптическая плотность становится меньше, чем оптическая плотность хромофора той же концентрации.

Практическая часть

Оборудование: спектрофотометр СФ-103, стеклянные кюветы с длиной оптического пути 1 см, раствор рибофлавина (100 мкМ) и раствор рибофлавина с неизвестной концентрацией в дистиллированной воде.

Порядок выполнения работы:

1. Из исходного раствора рибофлавина приготовьте серию разведений (100, 50, 10, 5, 1, 0.1, 0.01 мкМ) и измерьте их оптическую плотность при длине волны 445 нм. В качестве контрольного образца берётся дистиллированная вода.
2. На рисунке 1 построить график зависимости оптической плотности от концентрации рибофлавина.
3. Из полученной зависимости по методу наименьших квадратов рассчитать значение коэффициента молярной экстинкции (ε) для рибофлавина. Сравнить полученное значение с табличным, указать причины возможных отклонений.
4. Определить минимальную концентрацию рибофлавина, которую можно определить при данных условиях с помощью спектрофотометрического анализа.
5. Определить диапазон концентраций рибофлавина, при которых достигается наибольшая точность определения оптической плотности.
6. Измерить оптическую плотность раствора рибофлавина с неизвестной концентрацией при длине волны 445 нм.
7. Определить неизвестную концентрацию рибофлавина, используя вычисленное значение коэффициента молярной экстинкции.
8. На подготовленном рисунке сделать все необходимые обозначения и подписи.
9. Сформулировать и записать выводы в рабочей тетради.

Вопросы для самоконтроля:

1. Влияние эффектов светорассеяния и «сита» («проскока») на спектры поглощения биологических объектов.
2. Методы повышения точности и чувствительности в качественном и количественном спектрофотометрическом анализе. Производная и дифференциальная (разностная) спектрофотометрия.
3. Способы определения коэффициента молярной экстинкции.
4. Приборы для спектрофотометрического анализа. Спектрофотометры и фотоэлектроколориметры (типы, устройство).

5. Точность и чувствительность спектрофотометрического анализа.

Тема раздела: ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Качественный флуориметрический анализ биомолекул

Цель занятия: изучить принцип работы флуориметра; освоить метод качественного флуориметрического анализа биомолекул и их смесей.

Вопросы для самостоятельной подготовки:

1. Механизм происхождения фотолюминесценции.
2. Правило Стокса.
3. Квантовый выход флуоресценции.
4. Энергетический выход флуоресценции.

Краткий теоретический материал

Особенность люминесцентных методов анализа обусловлена двумя основными факторами. Во-первых, существует относительно небольшое число веществ, обладающих люминесцентной способностью по сравнению с поглощающими способностями. Во-вторых, в люминесцентном анализе используются две длины волны: возбуждения и испускания.

Люминесцентные методы анализа обладают высокой чувствительностью, в 1000 раз превышающей чувствительность большинства спектрофотометрических методов. Такая высокая чувствительность объясняется тем, что свечение молекул определяют непосредственно, причём его можно усилить или ослабить путём изменения интенсивности возбуждающего света.

К недостаткам люминесцентных методов с точки зрения анализа веществ можно отнести зависимость люминесценции молекул от условий окружающей среды (температура, pH, вязкость и т.д.).

Качественный флуориметрический анализ позволяет обнаружить по спектрам флуоресценции (возбуждения и испускания) присутствие определённого вещества в анализируемой пробе. Для отождествления измеренного спектра флуоресценции со спектром какого-либо вещества определяют следующие параметры:

- 1) количество максимумов в спектре флуоресценции;
- 2) спектральное положение максимумов ($\lambda_{\max}$) полос флуоресценции;
- 3) полуширину полос флуоресценции ($\Delta\lambda_{1/2}$) – разность между двумя длинами волн, при которых интенсивность флуоресценции составляет половину от максимальной.

Практическая часть

Оборудование: спектрофотометр, флуориметр, стеклянные или пластмассовые кюветы с длиной оптического пути 1 см, кварцевая кювета с длиной оптического пути 1 см, раствор рибофлавина (0,1 мМ), эозина (0,1 мМ) и метилового оранжевого (0,02 мМ) в дистиллированной воде.

Порядок выполнения работы:

1. Приготовить раствор рибофлавина с концентрацией 10 мкМ и эозина с концентрацией 5 мкМ.

2. Измерить спектры возбуждения и испускания флуоресценции приготовленных растворов на спектрофлуориметре.
3. Для этого на монохроматоре возбуждения спектрофлуориметра зафиксировать длину волны, соответствующую наиболее длинноволновому максимуму в спектре поглощения рибофлавина. Измерить спектр испускания флуоресценции рибофлавина путём сканирования монохроматора испускания. Прodelать аналогичные измерения для эозина.
4. На полученных спектрах испускания флуоресценции рибофлавина и эозина определить количество, спектральное положение максимумов, полуширину полос флуоресценции.
5. На монохроматоре испускания зафиксировать длину волны, соответствующую наиболее интенсивному максимуму в спектре испускания флуоресценции рибофлавина. Измерить спектр возбуждения флуоресценции рибофлавина путём сканирования монохроматора возбуждения. Прodelать аналогичные измерения для эозина.
6. На полученных спектрах возбуждения флуоресценции рибофлавина и эозина определить количество, спектральное положение максимумов, полуширину полос возбуждения флуоресценции.
7. Сравнить полученные спектры возбуждения флуоресценции рибофлавина и эозина с их спектрами поглощения.
8. На рис. 1 построить спектры возбуждения и испускания рибофлавина. Сделать все необходимые обозначения и подписи на рисунке.
9. На рис. 2 построить спектры возбуждения и испускания эозина. Сделать все необходимые обозначения и подписи на рисунке.

Вопросы для самоконтроля:

1. Люминесценция. Виды люминесценции в зависимости от способа возбуждения излучающих частиц. Метод люминесцентной спектроскопии.
2. Диаграмма энергетических состояний. Типы энергетических переходов в атомах и молекулах.
3. Спектры люминесценции. Спектральные закономерности люминесценции молекул (правило Каши, закон Стокса-Ломмеля, правило Левшина).
4. Выход люминесценции. Закон Вавилова.
5. Качественный флуориметрический анализ. Производная, низкотемпературная спектроскопия.

Определение концентрации вещества по флуоресценции

Цель занятия: изучить принцип действия флуориметра, исследовать зависимость интенсивности флуоресценции от концентрации вещества:

Вопросы для самостоятельной подготовки:

1. Собственная флуоресценция биомолекул
2. Спектры собственной ультрафиолетовой флуоресценции клеток.
3. Возможности флуориметрии в исследовании клеточного дыхания.

Краткий теоретический материал:

Для определения концентрации вещества по его люминесценции применяют графический метод, основанный на построении калибровочного графика в координатах I_ϕ (С). Для построения калибровочного графика измеряют интенсивность люминесценции серии растворов данного вещества с известной концентрацией. Полученный график должен представлять собой прямую линию, тангенс угла наклона которой равен:

$$\operatorname{tg} \alpha = 2,3 \cdot I_0 \cdot K \cdot \varphi_{\text{кв.}} \cdot \varepsilon \cdot l$$

Измерив I_ϕ исследуемого раствора, можно по калибровочному графику определить концентрацию вещества.

Практическая часть

Оборудование: флуориметр со светофильтрами; раствор рибофлавина (0,1 мМ), эозина (0,1 мМ) и метилового оранжевого (0,02 мМ) в дистиллированной воде.

Порядок выполнения работы:

1. Поместите в флуориметр кювету с исследуемым раствором концентрацией C_1 ;
2. Установите в системах А и Б светофильтры по указанию преподавателя;
3. Измерьте на флуориметре интенсивность I_λ флуоресценции;
4. Измерьте интенсивность флуоресценции для растворов других концентраций;
5. Результаты измерений занесите в таблицу 4;

Таблица 4. Зависимость интенсивности флуоресценции от концентрации раствора

С, моль/л	I_λ

6. Постройте график зависимости интенсивности флуоресценции от концентрации раствора: $I_\lambda = f(C)$.
7. Поместите в флуориметр кювету с раствором неизвестной концентрации C_x ;
8. При тех же светофильтрах и той же интенсивности возбуждающего света измерьте интенсивность I_λ флуоресценции раствора неизвестной концентрации;
9. По графику, используя его как градуировочный, определите концентрацию этого раствора.

Вопросы для самоконтроля:

1. В чем состоит метод флуоресцентного анализа?
2. Что называется квантовым выходом фотолюминесценции?
3. Опишите устройство флуориметра.
4. Укажите медико-биологические приложения люминесцентного (фотолюминесцентного) анализа.
5. Что называется люминесценцией?
6. Перечислите виды люминесценции.
7. Сформулируйте закон Стокса.

Особенности измерения флуоресценции биологических объектов

Цель занятия: изучить методы измерения флуоресценции биологических объектов.

Вопросы для самостоятельной подготовки:

1. Биолюминесценция.
2. Сверхслабое свечение живых тканей.
3. Флуоресцентные зонды.
4. Способы снижения светорассеяния при исследовании биологических объектов методом флуоресценции.

Краткий теоретический материал

Особенности флуоресценции биологических объектов: 1. Интенсивность люминесценции биологических объектов часто бывает довольно низкой.

2. При изучении люминесценции исследуемый образец подвергается воздействию интенсивного возбуждающего света, что может приводить к значительным изменениям фотохимически активных веществ в излучающей системе.

3. При измерениях люминесценции всегда приходится считаться с сильным светорассеянием, свойственным биологическим объектам.

Основными путями уменьшения нежелательных эффектов могут быть:

- измерение в тонких слоях и при малых концентрациях;
 - выбор оптимальной области возбуждения;
 - уменьшение светорассеяния.

Эффект экранировки возбуждающего света – поглощение части возбуждающего света посторонними молекулами, в результате чего уменьшается количество фотонов, поглощаемых исследуемым веществом, и тем самым снижается I_{ϕ} .

Если известны значение D исследуемого вещества и общая оптическая плотность ($D_{об.}$) образца при длине волны возбуждения, то регистрируемую величину интенсивности флуоресценции можно поправить на эффект экранировки:

$$I_{\phi}' = I_0 \cdot K \cdot \varphi_{кв.} \cdot (1 - 10^{-D_{об.}}) \cdot (D / D_{об.}),$$

где: I_{ϕ}' – интенсивность флуоресценции при наличии экранировки.

Поправочный коэффициент, на который требуется умножить регистрируемую интенсивность флуоресценции вещества в смеси, находится из соотношения:

$$\delta_s = (I_{\phi} / I_{\phi}') = ((1 - 10^{-D}) / (1 - 10^{-D_{об.}})) \cdot (D_{об.} / D),$$

Реабсорбция заключается во вторичном поглощении квантов флуоресценции. Это явление может быть обусловлено исследуемыми молекулами (собственная реабсорбция) и в этом случае наблюдается лишь в области перекрывания спектра поглощения со спектром флуоресценции.

Также, как и в случае эффекта экранировки, эффект реабсорбции можно учесть. Если известны значения оптической плотности образца при длинах волн возбуждения (D_{ϵ}) и испускания флуоресценции (D_{ϕ}), то регистрируемую величину интенсивности флуоресценции можно поправить на эффект экранировки:

$$I_{\phi}'' = I_0 \cdot K \cdot \varphi_{кв.} \cdot (1 - 10^{-(D_{\epsilon} + D_{\phi})}) \cdot (D / (D_{\epsilon} + D_{\phi})),$$

где: I_{ϕ}'' – интенсивность флуоресценции при наличии реабсорбции.

Поправочный коэффициент, на который требуется умножить регистрируемую интенсивность флуоресценции вещества в смеси, находится из соотношения:

$$\delta_p = (I_{\phi} / I_{\phi}'') = ((1 - 10^{-D}) / (1 - 10^{-(D_{\epsilon} + D_{\phi})})) \cdot ((D_{\epsilon} + D_{\phi}) / D),$$

Практическая часть: исследование флуоресценции эозина в присутствии

метилового оранжевого.

Оборудование: флуориметр, спектрофотометр, стеклянные или пластмассовые кюветы с длиной оптического пути 1 см, кварцевая кювета с длиной оптического пути 1 см, раствор эозина (0,1 мМ) и метилового оранжевого (0,02 мМ) в дистиллированной воде.

Порядок выполнения работы:

1. Измерить спектр поглощения метилового оранжевого (20 мкМ) в диапазоне от 400 до 600 нм с интервалом 10 нм относительно дистиллированной воды.
2. На рис. 1 построить спектр поглощения метилового оранжевого. Определить участки перекрывания спектра поглощения метилового оранжевого и спектров возбуждения и испускания флуоресценции эозина.
3. Измерить интенсивность флуоресценции чистого эозина и смеси при длине волны возбуждения 515 нм. Измерить оптическую плотность эозина и смеси при длинах волн максимумов возбуждения и испускания флуоресценции эозина (515 нм и 535 нм).
4. Рассчитать поправочные коэффициенты на эффекты экранировки и реабсорбции флуоресценции. Скорректировать полученное значение интенсивности флуоресценции для смеси с использованием полученных коэффициентов. Сравнить скорректированное значение со значением интенсивности флуоресценции чистого эозина.
5. Сформулировать и записать выводы в рабочей тетради.

Вопросы для самоконтроля:

1. Приборы для люминесцентного анализа. Флуориметры и спектрофлуориметры (типы, устройство). Особенности измерения фосфоресценции.
2. Основные элементы приборов для люминесцентного анализа. Источники излучения, фильтрация света возбуждения и люминесценции с помощью светофильтров и монохроматоров, типы и материал кювет, схемы регистрации люминесценции, приёмники излучения.
3. Спектры возбуждения и испускания люминесценции, их регистрация и коррекция.
4. Взаимосвязь между спектром возбуждения люминесценции и спектром поглощения.
5. Погрешности флуориметрического анализа. Эффекты экранировки и реабсорбции.
6. Особенности измерения люминесценции биологических объектов

Тема раздела: ЛАЗЕРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Определение длины волны излучения газового лазера

Цель занятия: знакомство с принципом действия газового лазера, определение длины волны излучения лазера с помощью дифракционной решетки.

Вопросы для самостоятельной подготовки:

1. Механизм возникновения индуцированного излучения.
2. Что такое инверсная населенность.
3. Основные характеристики лазерного излучения.
4. Закон Больцмана

Краткий теоретический материал

Оптические квантовые генераторы (лазеры) основаны на генерации и усилении света с помощью вынужденного индуцированного излучения.

Для определения длины волны излучения гелий-неонового лазера используется

дифракционная решетка.

При нормальном падении света главные дифракционные максимумы возникают при условии

$$C \sin \alpha = \pm k_{\pi} \lambda$$

где $k_{\pi} = 0, 1, 2, \dots$ – порядок главных максимумов.

Зная период C решетки и угол α , под которым виден максимум k -го порядка, можно определить длину волны падающего света:

$$\lambda = \frac{C \sin \alpha}{k_{\pi}}.$$

Практическая часть

Оборудование: газовый лазер, дифракционная решетка, линейка, оптическая скамья; экран, гистологический препарат крови.

Порядок выполнения работы:

1. Установите на оптической скамье дифракционную решетку и экран и расположите их перпендикулярно оси лазера;
2. Включите лазер;
3. Перемещая экран вдоль оптической скамьи, получите на нем четкое изображение дифракционной картины. При этом необходимо добиться, чтобы на экране были видны максимумы не менее четырех порядков;
4. Измерьте по шкале, укрепленной на оптической скамье, расстояние L между решеткой и экраном;
5. Измерьте расстояние x_1 между максимумами первого порядка;
6. Определите $\operatorname{tg} \alpha_1$ для максимумов первого порядка по формуле (57);
7. Зная $\operatorname{tg} \alpha_1$ найдите по таблице $\sin \alpha_1$;
8. Вычислите длину волны λ излучения газового лазера по формуле (55);
9. Произведите аналогичные измерения и вычисления для максимумов второго, третьего порядков и т. д.;
10. Вычислите среднюю длину волны $\bar{\lambda}$ излучения лазера;
11. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 5;

Таблица 5. Зависимость длины волны излучения газового лазера от дифракционной решетки

k_{π}	L ,	X ,	$\operatorname{tg} \alpha$	$\sin \alpha$	λ ,	$\bar{\lambda}$, мм

12. Сформулируйте и запишите выводы в рабочей тетради.

Вопросы для самоконтроля:

1. Опишите механизм возникновения спонтанного и индуцированного излучений атомов.
2. Укажите основные свойства индуцированного излучения.

3. Какое состояние называется инверсной населенностью?
4. Опишите устройство и принцип действия газового лазера.
5. Как создается инверсная населенность атомов в гелий-неоновом лазере?

Тема раздела: Биофизические механизмы транспорта веществ (массопереноса) через биологические мембраны

Измерение осмотической устойчивости эритроцитов

Цель занятия: изучение метода светорассеяния и определение осмотической устойчивости эритроцитов.

Вопросы для самостоятельной подготовки:

1. Физико-химические свойства биологических мембран.
2. Подвижность молекулярных компонентов биологических мембран.
3. Поверхностный заряд на клеточной мембране.
4. Механические свойства биомембран.
5. Вязкость биомембран.

Краткий теоретический материал

Разрушение каждого отдельного эритроцита имеет вероятностный характер, так как зависит от многих случайных факторов: состояния мембраны, возраста клетки, температуры и т. д. Поэтому для количественной характеристики процесса гемолиза вводят статистический параметр – *осмотическую устойчивость эритроцитов* ($C_{0,5}$). *Осмотической устойчивостью эритроцитов* называется концентрация соли NaCl, при которой лизирует 50% клеток, содержащихся в суспензии.

Чем больше нелизированных клеток содержится в суспензии, тем больше интенсивность рассеянного света и, следовательно, меньше интенсивность света, проходящего через кювету, и коэффициент пропускания. При увеличении количества разрушенных эритроцитов рассеяние света уменьшается, а коэффициент пропускания увеличивается. Таким образом, по степени мутности суспензии и величине коэффициента пропускания можно оценить количество лизированных эритроцитов и определить их осмотическую устойчивость.

Практическая часть

Оборудование: фотоэлектрический колориметр (ФЭК), пипетка, растворы NaCl различной концентрации, суспензия эритроцитов в фосфатном буфере.

Порядок выполнения работы:

1. Налейте в контрольную кювету колориметра раствор NaCl с концентрацией 0,9% и установите коэффициент пропускания 100%.
2. Налейте во вторую кювету дистиллированную воду ($C = 0$) и добавьте в нее с помощью микропипетки исходную суспензию эритроцитов.
3. Поместите кювету с полученной суспензией в фотоэлектроколориметр и измерьте ее коэффициент пропускания T .
4. Произведите действия, аналогичные п. 2–3, с растворами NaCl различной концентрации C (от 0,1 до 0,9%). (В каждом опыте объемы растворов NaCl и исходной

суспензии эритроцитов должны быть постоянными.)

5. Результаты измерений запишите в таблицу 6.

Таблица 6. Зависимость коэффициента пропускания от концентрации раствора

60	C, %									
	T, %									

концентрации раствора NaCl и определите по нему осмотическую устойчивость эритроцитов.

7. Произведите статистическую обработку полученных данных: постройте гистограмму распределения и сделайте вывод о характере полученного распределения.

Вопросы для самоконтроля:

1. В чем заключается явление осмотического гемолиза?
2. Что называется осмотической устойчивостью эритроцитов?

Тема раздела: Биомеханика кровообращения

Определение вязкости жидкости вискозиметром

Цель занятия: исследовать зависимость вязкости жидкости от температуры и концентрации и ознакомиться с работой медицинского вискозиметра.

Вопросы для самостоятельной подготовки:

1. Вязко-упругие свойства живых тканей
2. Основные показатели гемодинамики, линейная скорость, условие неразрывности струи, закон сохранения массы.
3. Понятие скорости сдвига.
4. Особенности ламинарного и турбулентного течения.

Краткий теоретический материал

Для определения вязкости необходимо, чтобы течение было ламинарным, т. е. таким, при котором слои жидкости (газа) текут, не перемешиваясь. Чтобы при обычных скоростях вихри не появились, трубка должна быть достаточно тонкой.

Практическая часть

Оборудование: вискозиметр Оствальда, термометр, секундомер, ультратермостат, набор растворов различной концентрации.

Порядок выполнения работы: определение кинематической вязкости жидкости:

- а) залейте в вискозиметр определенный объем воды;
- б) определите время τ_0 протекания воды через капилляр. Измерения повторите три раза и вычислите $\bar{\tau}_0$;
- в) вычислите постоянную A прибора;
- г) проведите измерение времени τ протекания исследуемых жидкостей разных концентраций C (по три измерения для каждой) и найдите $\bar{\tau}$ для каждой концентрации;
- д) вычислите кинематическую вязкость ν исследуемых жидкостей (формула 66);

е) результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 7;

Таблица 7. Кинематическая вязкость исследуемых жидкостей

$\tau_{01}, \text{с}$	$\tau_{02}, \text{с}$	$\tau_{03}, \text{с}$	$\tau_{04}, \text{с}$	$\overline{\tau_0}, \text{с}$	$A, \text{м}$	$C, \%$	$\tau_1, \text{с}$	$\tau_2, \text{с}$	$\tau_3, \text{с}$	$\overline{\tau}, \text{с}$	$\nu, \text{м}^2/\text{с}$

ж) постройте график зависимости кинематической вязкости жидкости от концентрации;

з) поместите вискозиметр в ультратермостат и проведите измерения времени протекания жидкости при нескольких значениях температуры. Каждое измерение повторите три раза и найдите $\overline{\tau}$. Вычислите кинематическую вязкость жидкости при каждой температуре;

и) результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 8;

Таблица 8. Кинематическая вязкость жидкости при изменении температуры

$t, ^\circ\text{C}$	$\tau_1, \text{с}$	$\tau_2, \text{с}$	$\tau_3, \text{с}$	$\overline{\tau}, \text{с}$	$\nu, \text{м}^2/\text{с}$

к) постройте график зависимости кинематической вязкости жидкости от температуры.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что представляет собой вискозиметр Оствальда?
2. Выведите формулу для определения вязкости методом Оствальда.
3. Какие условия должны выполняться при измерении вязкости жидкости этим методом?

Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Перечень основной литературы

1. Медицинская физика : учебник / В. А. Федоров, А. В. Яковлев, Т. Н. Плужникова [и др.]. — Тамбов : ТГУ им. Г.Р.Державина, 2023. — 221 с. — ISBN 978-5-00078-755-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/451676> (дата обращения: 01.02.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Мухин, К. Н. Экспериментальная ядерная физика : учебник : в 3 томах / К. Н. Мухин. — 6-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022 — Том 3 : Физика элементарных частиц — 2022. — 432 с. — ISBN 978-5-8114-0741-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210137> (дата обращения: 01.02.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Савельев, И. В. Курс общей физики. В 3 томах. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц : учебник для вузов / И. В. Савельев. — 16-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 320 с. — ISBN 978-5-507-50503-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/440198> (дата обращения: 01.02.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

авториз. пользователей.

Перечень дополнительной литературы

1. Биофизика и биоматериалы. Механика : учебное пособие / А. А. Новиков, Д. А. Негров, В. Ю. Путинцев, А. Р. Мулюкова. - Омск : Омский государственный технический университет, 2017. - 115 с. - ISBN 978-5-8149-2514-5. - Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/78425.html>
2. Гурьев, А. И. Биофизика. Вопросы и задачи : практикум / А. И. Гурьев. - Саратов : Вузовское образование, 2020. - 176 с. - ISBN 978-5-4487-0712-4. - Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/99120.html>
3. Гурьев, А. И. Биофизика. Экспериментальные работы : практикум / А. И. Гурьев. - Саратов : Вузовское образование, 2020. - 347 с. - ISBN 978-5-4487-0711-7. - Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/99122.html>
4. Гурьев, А. И. Биофизика. Минимальный курс : учебное пособие / А. И. Гурьев. - Саратов : Вузовское образование, 2020. - 345 с. - ISBN 978-5-4487-0710-0. - Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/99121.html>
5. Гурьев, А. И. История биофизики : учебное пособие / А. И. Гурьев. - Саратов : Вузовское образование, 2020. - 197 с. - ISBN 978-5-4487-0665-3. - Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/99123.html>
6. Ризниченко, Г. Ю. Математические модели в биофизике и экологии / Г. Ю. Ризниченко. - Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2019. - 184 с. - ISBN 978-5-4344-0734-2. - Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/91957.html>
7. Практикум по биофизике. В 2 частях. Ч.2 / А. М. Абатурова, Т. К. Антал, А. А. Байжуманов [и др.] ; под редакцией А. Б. Рубина, Г. В. Максимова, С. М. Ременникова. - 2-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 510 с. - ISBN 978-5-00101-775-2 (ч.2), 978-5-00101-773-8. - Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/98539.html>