

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
биофизики и биотехнологии



В.Г. Артюхов  
30.05.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.В.ДВ.04.02 Квантовая биофизика**

**1. Код и наименование специальности:**

30.05.02 Медицинская биофизика

**2. Специализация:**

**3. Квалификация выпускника:**

Врач-биофизик

**4. Форма обучения:**

Очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

биофизики и биотехнологии

**6. Составители программы:**

Артюхов В.Г., д.б.н., проф.

**7. Рекомендована:**

НМС медико-биологического факультета от 22.04.2024 г., протокол № 3

**8. Учебный год:** 2029/2030

**Семестр(ы)/Триместр(ы):** 12

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью курса «Квантовая биофизика» является изучение электронной структуры биологически важных молекул, электронных переходов в них и путей превращения энергии возбужденного состояния молекул в энергию их продуктов.

Задачи: рассмотреть структуру электронных энергетических уровней биомакромолекул, их донорно-акцепторные свойства; электронные переходы при поглощении и испускании света веществом; свойства свободных радикалов и механизмы свободнорадикальных процессов; механизм хемилюминесценции, обусловленной процессами превращения энергии, выделяющейся в ходе биохимических реакций, в энергию электронно-возбужденных состояний.

Дисциплина реализуется частично в форме практической подготовки (ПП).

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Учебная дисциплина «Квантовая биофизика» относится к дисциплинам по выбору вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 30.05.02 Медицинская биофизика (специалист).

Требования к входным знаниям, умениям и навыкам: готовность решать стандартные задачи профессиональной деятельности с использованием информационных, библиографических ресурсов, медико-биологической терминологии, информационно-коммуникационных технологий и учетом основных требований информационной безопасности.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

| Код  | Название компетенции   | Код(ы) | Индикатор(ы)   | Планируемые результаты обучения   |
|------|--|--------|--|---|
| ПК-2 | Способен проводить научные исследования в области медицины и биологии. | ПК 2.3 | Определяет новые области исследования и проблемы в сфере разработки биофизических и физико-химических технологий в здравоохранении | знать: современные тенденции научных исследований и проблем в сфере разработки биофизических и физико-химических технологий для охраны здоровья;<br>уметь: решать исследовательские задачи, устанавливать причинно-следственные связи в системе "структура - функция";<br>владеть: навыками поиска учебной и научной литературы по заданной теме, в том числе с использованием информационно-коммуникационных технологий, участия в дискуссии, научной аргументации своей точки зрения. |

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. - 2 /72.

Форма промежуточной аттестации *зачет*

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

| Вид учебной работы |              | Трудоемкость |                |    |                |  |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|----|----------------|--|
|                    |              | Всего        | По семестрам   |    |                |  |
|                    |              |              | № семестра 7   |    | № семестра     |  |
|                    |              | ч.           | ч., в форме ПП | ч. | ч., в форме ПП |  |
| Аудиторные занятия |              |              |                |    |                |  |
| в том числе:       | Лекции       | 32           | 32             |    |                |  |
|                    | Практические |              |                |    |                |  |

|  |                        |     |     |    |  |  |  |
|--|------------------------|-----|-----|----|--|--|--|
|  | Лабораторные           | 22  | 22  | 22 |  |  |  |
|  | Групповые консультации | 14  | 14  |    |  |  |  |
| Самостоятельная работа                             |                        | 40  | 40  |    |  |  |  |
| в том числе: курсовая работа (проект)              |                        |     |     |    |  |  |  |
| Форма промежуточной аттестации (экзамен – __ час.) |                        |     |     |    |  |  |  |
| Итого:   |                        | 108 | 108 | 22 |  |  |  |

### 13.1. Содержание дисциплины\*

| № п/п                          | Наименование раздела дисциплины  | Содержание раздела дисциплины   | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК * |
|--------------------------------|--|---|--|
| <b>1. Лекции</b>               |  |   |  |
| 1.1                            | Взаимодействие квантов света с биологически важными соединениями.                  | Энергетические уровни молекул. Взаимодействие квантов света с молекулами. Условия поглощения кванта света. Электронные орбитали и электронные переходы. Электронные переходы в молекулах.   | -  |
| 1.2                            | Спектральные свойства некоторых биомолекул.  | Качественные и количественные показатели поглощения света. Количественные законы поглощения монохроматического света. Спектры пропускания и спектры поглощения. Спектры поглощения некоторых биологически важных соединений   | -  |
| 1.3                            | Пути дезактивации электронно-возбужденного состояния молекулы.                     | Явление люминесценции. Виды люминесценции. Электронные переходы в возбужденной молекуле. Законы фотолюминесценции. Применение фотолюминесценции в медицине. Хемилюминесценция и её применение в медицине. Фотобиологические процессы и их стадии. Фотохимический (фотобиологический) спектр действия. | -  |
| 1.4                            | Принципы устройства оптических квантовых генераторов. Свойства лазерного излучения | Вынужденное излучение. Создание инверсной заселённости энергетических уровней. Принципы устройства оптических квантовых генераторов (лазеров). Свойства лазерного излучения. Применение лазерного излучения в медицине.   | -  |
| 1.5                            | Взаимодействие квантов света с биологически важными соединениями.                  | Энергетические уровни молекул. Взаимодействие квантов света с молекулами. Условия поглощения кванта света. Электронные орбитали и электронные переходы. Электронные переходы в молекулах.   | -  |
| <b>2. Практические занятия</b> |  |   |  |
| не предусмотрены               |  |   |  |
| <b>3. Лабораторные занятия</b> |  |   |  |
| 3.1                            | Физико-химические основы фотобиологических процессов                               | Общее понятие о спектроскопии. Оптическая спектроскопия – основной инструмент квантовой биофизики. Принципиальная схема оптического спектрофотометра.   | -  |
| 3.2                            | Взаимодействие квантов света с биологически важными соединениями.                  | Законы поглощения света (закон Бугера—Ламберта—Бера). Определение концентрации исследуемого вещества в растворе спектрофотометрическим методом. Определение удельного коэффициента поглощения   | -  |

|     |  |  |   |
|-----|--|--|---|
|     |  | исследуемого вещества.   |   |
| 3.3 | Спектральные свойства некоторых биомолекул.  | Исследование спектральных свойств некоторых биомолекул.  | - |
| 3.4 | Пути дезактивации электронно-возбужденного состояния молекулы.                     | Флуоресцентные метки и зонды, их применение в медицине. Фотохимические превращения биополимеров и биомембран. Фотопротекторы и фотосенсибилизаторы, механизмы их действия. | - |
| 3.5 | Принципы устройства оптических квантовых генераторов. Свойства лазерного излучения | Взаимодействие лазерного излучения с биологическими системами Принцип действия гелий-неонового лазера, его применение в медицине.  | - |
| 3.6 | Физико-химические основы фотобиологических процессов                               | Общее понятие о спектроскопии. Оптическая спектроскопия – основной инструмент квантовой биофизики.<br>Принципиальная схема оптического спектрофотометра.                   | - |

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины   | Виды занятий (часов) |              |                        |              |                        | Всего |
|-------|--|----------------------|--------------|------------------------|--------------|------------------------|-------|
|       |  | Лекции               | Практические | Групповые консультации | Лабораторные | Самостоятельная работа |       |
| 1     | Физико-химические основы фотобиологических процессов                               | 2                    | -            | 2                      | 7            | 5                      | 27    |
| 2     | Взаимодействие квантов света с биологически важными соединениями.                  | 2                    | -            | 2                      | 7            | 5                      | 27    |
| 3     | Спектральные свойства некоторых биомолекул.  | 2                    | -            | 2                      | 7            | 5                      | 27    |
| 4     | Пути дезактивации электронно-возбужденного состояния молекулы.                     | 2                    | -            | 4                      | 7            | 5                      | 38    |
| 5     | Принципы устройства оптических квантовых генераторов. Свойства лазерного излучения | 2                    | -            | 2                      | 8            | 4                      | 25    |
|       | Итого:   | 10                   | -            | 14                     | 36           | 24                     | 108   |

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины: Алгоритм деятельности преподавателя и студентов

Информация по учебной дисциплине «Квантовая биофизика» (основная образовательная программа высшего образования по направлению подготовки 30.05.02 Медицинская биофизика, учебный план, рабочая программа дисциплины «Квантовая биофизика», фонды оценочных средств, основная и дополнительная литература) размещены на образовательном портале «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>).

Изучение дисциплины «Квантовая биофизика» предусматривает чтение лекций, проведение лабораторных занятий и самостоятельную работу студентов.

Освоение содержания дисциплины осуществляется с использованием дистанционных образовательных технологий (ДОТ) – электронного учебного курса «Квантовая биофизика», расположенного на портале «Электронный университет ВГУ». Перед началом учебных занятий обучающийся должен:

1. Проверить наличие доступа к курсу. В случае выявления проблем своевременно обратиться к преподавателю или в службу технической поддержки.

2. Изучить интерфейс курса, знать способы взаимодействия с преподавателем в рамках ЭУК: сообщение на форуме, отправка личного сообщения, чат.

3. Ознакомиться с целью и задачами дисциплины, перечнем формируемых компетенций и результатов обучения, программой дисциплины, календарным планом, траекторией освоения дисциплины, комплексом вопросов и требований для промежуточной аттестации.

4. Ознакомиться с перечнем основной и дополнительной литературы, а также списком электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины. Получить доступ к электронным библиотечным системам, на которые оформлена подписка ФГБОУ ВО «ВГУ».

Самостоятельная работа студентов осуществляется с использованием рекомендованных МООК, учебников и учебных пособий в ходе подготовки к лекционным и лабораторным занятиям. Студенты знакомятся с теоретическим материалом в процессе лекционного курса и самостоятельно, прорабатывают и усваивают теоретические знания с использованием рекомендуемой учебной литературы и учебно-методических пособий, согласно указанному списку (п.15).

На лабораторных занятиях студенты в составе малой группы выполняют учебно-исследовательскую работу. В ходе лабораторных работ студенты приобретают навыки проведения эксперимента, умения интерпретировать полученные результаты, обрабатывать и представлять полученные данные. В конце лабораторного занятия результаты и материалы учебно-исследовательской работы докладываются преподавателю, при необходимости обсуждаются в группе (отчет о лабораторном занятии). В случаях пропуска лабораторного занятия по каким-либо причинам студент обязан его самостоятельно выполнить под контролем преподавателя во время индивидуальных консультаций.

Текущая аттестация обеспечивает проверку освоения учебного материала, приобретения знаний, умений и навыков в процессе аудиторной и самостоятельной работы студентов, формирования компетенций (ПК-3.3). Текущая аттестация по дисциплине «Квантовая биофизика» включает в себя защиту лабораторных работ. Планирование и организация текущих аттестаций осуществляется в соответствии с содержанием рабочей программы и календарно-тематическим планом с применением фонда оценочных средств. Текущая аттестация является обязательной, ее результаты оцениваются и по решению кафедры могут быть учтены при промежуточной аттестации обучающихся.

Формами промежуточной аттестации знаний, умений и навыков обучающихся являются зачет.

### **Методические рекомендации по видам занятий**

#### **Лекция:**

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

#### **Самостоятельная работа.**

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение

отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

| № п/п | Источник   |
|-------|--|
| 1     | <i>Биофизика : учебник / В. Г. Артюхов, Т. А. Ковалева, М. А. Наквасина [и др.] ; под редакцией В. Г. Артюхова. — Москва : Академический Проект, 2020. — 294 с. — ISBN 978-5-8291-3027-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/132170">https://e.lanbook.com/book/132170</a> (дата обращения: 11.09.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.</i> |
| 2     | Бионанотехнологии: достижения, проблемы, перспективы развития: учебное пособие / М. А. Наквасина, В. Г. Артюхов ; М-во образования и науки РФ, Воронеж. гос. ун-т. - Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015. - 150, [1] с  |

б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник   |
|-------|--|
| 1     | Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии: Учебник / Ю.А. Пентин, Л.В.Вилков - М.: Мир, АСТ, 2003.  |
| 2     | Белоглазкина М. В., Федоренко Е. В., Иванова М. А., Богомоллова И. В., Богомол, Иванова М.А. и др. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Учеб. пособие. Издательство: РИОР, 2006 |
| 3     | Шапошник В.А Хохлов В.Ю., Мокшина Н.Я., Селеменев В.Ф. Физико-химические методы анализа: Учебное пособие. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2004.   |
| 4     | Основы аналитической химии. В 2 книгах / под ред. Ю.А.Золотова. - М.: Высш. школа, 2000.   |
| 5     | Мухина Е.А. Физико-химические методы анализа / Е.А. Мухина. - М.: Химия, 1995. - 315с.   |
| 6     | Пискарева С.К. Аналитическая химия / С.К.Пискарева, К.М. Барашков, К.М. Ольшанова. - М.: Высшая школа, 1994. - 384 с.  |
| 7     | Цитович И.К. Курс аналитической химии / И.К. Цитович. - М.: Высшая школа, 1994. - 495 с.   |

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

| № п/п | Ресурс  |
|-------|---|
| 1     | <a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ  |
| 2     | <a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>  |
| 3     | <a href="http://www.pdb.org">http://www.pdb.org</a> — база данных пространственных структур белковой  |
| 4     | <a href="http://www.bmrb.wisc.edu">http://www.bmrb.wisc.edu</a> — база данных химических сдвигов ЯМР белков и пептидов                                  |
| 5     | <a href="http://nmrshiftdb.nmr.uni-koeln.de/">http://nmrshiftdb.nmr.uni-koeln.de/</a> - база данных химических сдвигов ЯМР низкомолекулярных соединений |
| 6     | <a href="http://lib.mipt.ru/catalogue/1020/">http://lib.mipt.ru/catalogue/1020/</a> -электронная библиотека Физтеха, раздел “Биохимия и биофизика”      |
| 7     | <a href="http://molbiol.ru">http://molbiol.ru</a> – образовательный сайт по молекулярной биологии.  |
| 8     | <a href="http://biomolecula.ru">http://biomolecula.ru</a> - образовательный сайт по молекулярной биологии.  |
| 9     | <a href="http://ncbi.nlm.nih.gov">http://ncbi.nlm.nih.gov</a> – крупнейшая база биологических и медицинских статей                                      |
| 10    | <a href="http://edx.org">http://edx.org</a> – онлайн курсы ведущих мировых университетов  |

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

| № п/п | Источник   |
|-------|--|
| 1     | Практикум по биофизике / [Артюхов В. Г., Башарина О. В., Вашанов Г. А. и др.] ; под общ. ред. В. Г. Артюхова ; М-во образования и науки РФ, Воронеж. гос. ун-т. - Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016. - 313 с. |
| 2     | Сердюк И., Заккаи Н., Заккаи Дж. Методы в молекулярной биофизике. Учебное пособие. Т. 1, 2 - Издательство КДУ, 2010.   |

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины используются элементы электронного обучения, дистанционные образовательные технологии, цифровые технологии.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

|  |   |
|--|---|
| <p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа</p> <p>Специализированная мебель, экран для проектора, проектор Acer X115H DLP, ноутбук Lenovo G500 с возможностью подключения к сети «Интернет», WinPro 8, OfficeSTD, Kaspersky Endpoint Security, Google Chrome</p>   | <p>г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом. I, ауд. 365</p> |
| <p>Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (лабораторные занятия), для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p> <p>Специализированная мебель, лабораторная посуда, рН-метр портативный HI83141, микроскопы Микмед, Спектрофотометр ПЭ-54-00 УФ, программно-методический комплекс биохимиллюм.анализа, центрифуга Eppendorf, шейкер-инкубатор для планшета Elmi SHAKER ST 3</p>  | <p>г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом. I, ауд. 61</p>  |
| <p>Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (лабораторные занятия), для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p> <p>Специализированная мебель, биохимический люминометр БХЛ-07, спектрофотометр СФ-2000; весы портативные Scout-Pro, дистиллятор с баком накопителем Liston; компьютер (системный блок Celeron, монитор SyncMaster 753DFX); мешалка магнитная MS-300; микроскоп медицинский БИОМЕД исполнение БИОМЕД 2; мобильный компьютерный комплекс КАИ-М; рН-метр карманный, короткий электрод; сушилка для посуды электрическая Экрос ПЭ-2010; термостат ЛАБ-ТЖ-ТС-01/12-100; термостат твердотельный цифровой Bio TDB-100; термостат электрический суховоздушный ТС-1/80 СПУ; "Униплан" планшетный фотометр с 2-мя фильтрами; центрифуга MiniSpin для пробирок; УЗ-диспергатор SONICATOR Q500, QSONICA; роторный испаритель IKA RV-10</p> | <p>г. Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом. I, ауд. 68</p>  |

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

| № п/п  | Наименование раздела дисциплины (модуля)   | Компетенция(и) | Индикатор(ы) достижения компетенции | Оценочные средства                                    |
|--|--|----------------|-------------------------------------|---|
| 1.   | Физико-химические основы фотобиологических процессов                               | ПК-2           | ПК-2.3                              | <i>Вопросы для текущего контроля согласно п. 20.1</i> |
| 2.   | Взаимодействие квантов света с биологически важными соединениями.                  | ПК-2           | ПК-2.3                              | <i>Вопросы для текущего контроля согласно п. 20.1</i> |
| 3.   | Спектральные свойства некоторых биомолекул.  | ПК-2           | ПК-2.3                              | <i>Вопросы для текущего контроля согласно п. 20.1</i> |
| 4.   | Пути дезактивации электронно-возбужденного состояния молекулы.                     | ПК-2           | ПК-2.3                              | <i>Вопросы для текущего контроля согласно п. 20.1</i> |
| 5.   | Принципы устройства оптических квантовых генераторов. Свойства лазерного излучения | ПК-2           | ПК-2.3                              | <i>Вопросы для текущего контроля согласно п. 20.1</i> |
| Промежуточная аттестация<br>форма контроля – зачет |  |                |                                     | Вопросы для промежуточного контроля                   |

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

#### 20.1.1. Перечень практических заданий для промежуточной аттестации

1. Найдите отношение мощности излучения абсолютно чёрного тела, которое получится при смещении максимума энергии излучения от красной границы видимого спектра к его фиолетовой границе.

2. Сетчатка человеческого глаза чувствительна к голубому свету (длина волны 500 нм), если на неё в течение одной секунды попадает энергия  $4,3 \cdot 10^{-18}$  Дж. Определите число фотонов, попадающих при этом на сетчатку.

3. Определите волну де Бройля для электрона с энергией 1 эВ.

4. Особенностью структуры некоторых молекул является наличие в них чередующихся двойных и одинарных связей. Фрагмент C=C-C (длину которого обозначим как  $l$ ) регулярно повторяется, образуя цепочку сопряжённых связей. Каждый фрагмент содержит 2  $\pi$ -электрона) и 4  $\sigma$ -электрона).  $\pi$  – электроны свободно перемещаются по всей длине  $L$  цепочки сопряжённых связей подобно электронам в металлах, не покидая саму цепочку. Воспользуйтесь «металлической» моделью молекулы, содержащей  $N$  звеньев сопряжённых связей и, используя идеи де Бройля, покажите, что электронные энергетические уровни  $\pi$ -электронов в такой молекуле дискретны.

5. Пропускание водного раствора, содержащего 0,94 г насыщенного кислородом миоглобина лошади в 100 мл, при длине волны 580 нм в кювете с толщиной слоя 10 см равно 0,847. Определите молярный коэффициент экстинкции насыщенного кислородом миоглобина лошади при этой длине волны. Молекулярная масса миоглобина лошади 18800.  $14,4 \text{ см}^2/\text{ммоль}$ .

6. Оптическая плотность раствора  $D=0,08$ . Найдите его светопоглощение и светопропускание.

7. Оптическая плотность раствора  $D=0,15$ . Найдите его светопоглощение и светопропускание.

8. Светопропускание раствора  $T=0,5$ . Чему равна его оптическая плотность?

9. Интенсивность света, прошедшего через раствор, уменьшилась в 5 раз. Известно, что это вещество имеет молярный коэффициент поглощения при данной длине волны, равный  $1000 \text{ л} \cdot (\text{моль} \cdot \text{см})^{-1}$ . Толщина кюветы с раствором = 1 см. Найдите концентрацию вещества в растворе.

10. Интенсивность света, прошедшего через раствор, уменьшилась в 10 раз. Известно, что данное вещество имеет молярный коэффициент поглощения при данной длине волны, равный  $500 \text{ л} \cdot (\text{моль} \cdot \text{см})^{-1}$ . Толщина кюветы с раствором = 2 см. Найдите концентрацию вещества в растворе.

11. Чему равен молярный коэффициент поглощения вещества при длине волны 400 нм, если при прохождении света через раствор с концентрацией 0,5 моль/л интенсивность света уменьшилась в 5 раз? Толщина кюветы равна 0,3 см.

12. Рассчитайте содержание кофеина и бензоата натрия в кофенбензоате натрия, если точные навески составляющих веществ и их смеси массой по 0,050 г растворили в 50 мл воды ( $W_1$ ). По 0,1 мл ( $V$ ) каждого раствора довели до метки в мерной колбе объемом 50 мл ( $W_2$ ) 0,1 моль/л раствором хлороводородной кислоты. Оптическая плотность раствора кофенбензоата натрия, измеренная на спектрофотометре при 273 нм относительно кофеина, – 0,488, относительно натрия бензоата – 0,320.

13. Рассчитайте содержание кортизона ацетата в таблетках, если навеску порошка растертых таблеток массой 0,1157 г растворили в 100 мл этанола, отфильтровали от таблеточной массы. 5,0 мл полученного раствора довели этанолом до 100 мл. Оптическая плотность полученного раствора при 238 нм равна 0,520. Удельный



показатель поглощения стандартного образца кортизона ацетата в тех же условиях равен  $390,0 \text{ \%}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ . Средняя масса одной таблетки – 0,2140 г.

14. Рассчитайте содержание адреналина гидротартрата в растворе для инъекций, если 5,0 мл препарата довели водой до 100 мл. Оптическая плотность полученного раствора составила при 530 нм 0,420. Оптическая плотность стандартного образца, содержащего 0,000091 г/мл, равна 0,432.

### 20.1.2. Тестовые задания

1. Во сколько раз уменьшится интенсивность монохроматического света  $I$ , прошедшего через кювету с веществом, если концентрация вещества равна  $10^{-3}$  моль/л, длина поглощающего слоя 2 см, коэффициент поглощения  $a = 0,5 \cdot 10^3 \frac{\text{л}}{\text{моль} \cdot \text{см}}$  ∴

- 1) в  $1/e$  раз;
- 2) в  $e$  раз;
- 3) в  $lge$  раз;
- 4) в 2 раза;
- 5) в  $1/e^2$  раз.

2. Укажите параметры кюветы с веществом, от которых зависит её пропускание при спектрофотометрическом анализе:

- 1) от толщины и площади поперечного сечения;
- 2) от толщины;
- 3) от площади поперечного сечения;
- 4) от освещённого объёма;
- 5) от формы поперечного сечения.

3. Закон Бугера-Ламберта-Бера при отсутствии инструментальных ошибок выполняется:

- 1) всегда;
- 2) для неполярных соединений;
- 3) для малых толщин поглощающего образца;
- 4) при отсутствии межмолекулярного и химического взаимодействия;
- 5) при наличии межмолекулярного взаимодействия.

4. Укажите единицу измерения волновых чисел:

- 1) см;
- 2)  $\text{с}^{-1}$ ;
- 3)  $\text{см}^{-1}$ ;
- 4) мкм;
- 5) нм.

5. Укажите единицы, в которых обычно в молекулярной спектроскопии выражаются термы (энергетические состояния):

- 1) см;
- 2)  $\text{с}^{-1}$ ;
- 3)  $\text{см}^{-1}$ ;
- 4) мкм;
- 5) нм.

6. Укажите связь волнового числа с длиной волны.

- 1)  $\nu = \frac{E}{hc}$ ;

$$2) \Delta\nu = \frac{\Delta\lambda}{\lambda^2};$$

$$3) \nu = \frac{c}{\lambda_{\text{вак}}};$$

$$4) \nu = \frac{1}{\lambda_{\text{вак}}};$$

$$5) \nu = \frac{\lambda c}{h}.$$

7. Укажите области спектра электромагнитных волн, в которых проявляются переходы между вращательными состояниями молекулы:

- 1) в УФ -, видимой и близкой ИК-областях;
- 2) в ИК-области;
- 3) в микроволновой и длинноволновой ИК-областях;
- 4) во всех областях спектра, кроме УФ-области;
- 5) в УФ - и видимой областях.

8. Укажите области спектра электромагнитных волн, в которых проявляются переходы между колебательными состояниями молекулы.

- 1) в УФ -, видимой и близкой ИК-областях;
- 2) в ИК-области;
- 3) в микроволновой и длинноволновой ИК-областях;
- 4) во всех областях спектра, кроме УФ-области;
- 5) в УФ - и видимой областях.

9. Укажите области спектра электромагнитных волн, в которых проявляются переходы между электронными состояниями молекулы.

- 1) в УФ -, видимой и близкой ИК-областях;
- 2) в ИК-области;
- 3) в микроволновой и длинноволновой ИК-областях;
- 4) во всех областях спектра, кроме УФ-области;
- 5) в УФ - и видимой областях.

10. Укажите области спектра электромагнитных волн, в которых проявляются переходы между электронными, колебательными и вращательными состояниями молекулы:

- 1) колебательные — в ИК-области, вращательные — в УФ-области, электронные — в микроволновой;
- 2) колебательные — в микроволновой, электронные — в УФ-области, вращательные — в ИК-области;
- 3) колебательные — в ИК-области, вращательные — в микроволновой, электронные — в УФ-области;
- 4) колебательные — в УФ-области, электронные — в микроволновой, вращательные — в УФ - и видимой областях;
- 5) вращательные — в ИК-области, колебательные — в УФ-области, электронные — в микроволновой.

### Критерии оценки:

оценка "отлично" выставляется студенту, если правильно выполнено не менее 85 % от общего объема предложенных тестовых заданий;

оценка "хорошо" выставляется студенту, если правильно выполнено не менее 75 % от общего объема предложенных тестовых заданий;

оценка "удовлетворительно" выставляется студенту, если правильно выполнено не менее 60 % от общего объема предложенных тестовых заданий;

оценка "неудовлетворительно" выставляется студенту, если правильно выполнено менее 60 % от общего объема предложенных тестовых заданий.

## **20.2. Промежуточная аттестация**

### **20.2.1. Перечень вопросов к зачету:**

1. Предмет и задачи квантовой биофизики и биофизики фотобиологических процессов.
2. Области практического использования идей и методов квантовой биофизики.
3. Стадии фотобиологического процесса.
4. Условия, необходимые для поглощения света в биосистеме.
5. Спектры светопропускания и светопоглощения: их применение для количественного и качественного анализа биосистем.
6. Типы электронных переходов, обуславливающих спектр поглощения вещества в видимой и УФ-областях.
7. Хромофорные группы белков, нуклеиновых кислот, липидов.
8. Пути дезактивации электронно-возбужденного состояния биомолекул.
9. Спектры люминесценции и спектры возбуждения люминесценции биообъектов.
10. Квантовый выход флуоресценции и фосфоресценции. Степень поляризации флуоресценции.
11. Эффективность хемилюминесценции.
12. Биолюминесценция как частный случай хемилюминесценции: люциферин-люциферазная система.
13. Миграция энергии при поглощении света. Индуктивно-резонансный, экситонный, обменно-резонансный пути миграции.
14. Уравнение Ферстера.
15. Спектр действия фотобиологического процесса.
16. Квантовый выход фотохимической реакции.

### **Порядок формирования КИМ.**

Вопросы группируются в билеты, каждый из которых содержит по 2 вопроса.

### **Описание технологии проведения**

Зачет проводится в устной форме. Студенты вытягивают билеты, после чего им дается 30 минут на подготовку ответа. По истечению этого времени студент устно отвечает по заготовленному конспекту.

### **Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания**

Оценка «отлично» ставится, если:

содержание ответа на первый, второй и третий вопросы представляет собой связный рассказ, в котором используются все необходимые понятия по данной теме; рассказ сопровождается поясняющими рисунками и в ответе отсутствуют ошибки.

Оценка «хорошо» ставится в случае правильного, но неполного ответа на вопросы, если: отсутствуют некоторые несущественные элементы содержания; присутствуют все понятия, составляющие основу содержания темы, но при их раскрытии допущены неточности или незначительные ошибки, которые свидетельствуют о недостаточном уровне овладения отдельными умениями.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если:

в ответе на вопросы отсутствуют некоторые понятия, которые необходимы для раскрытия вопроса билета, нарушается логика изложения материала.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если:

в ответе на вопросы практически отсутствуют понятия, которые необходимы для раскрытия содержания темы.