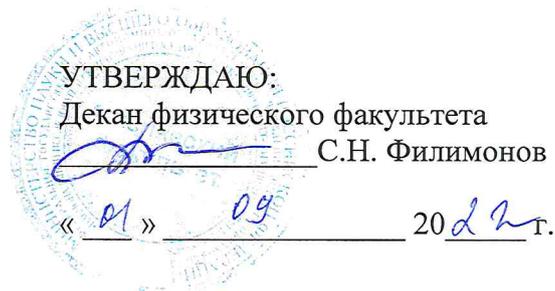


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет



Рабочая программа дисциплины

**Оптические методы в биомедицине**

по направлению подготовки

**03.04.02 Физика**

Направленность (профиль) подготовки  
**«Физические методы и информационные технологии в биомедицине»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

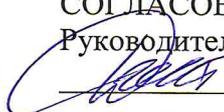
Год приема

**2022**

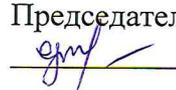
Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.03.01

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

 В.П. Демкин

Председатель УМК

 О.М. Сюсина

Томск – 2022

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- УК-1 – способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;
- УК-4 – способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (ых) языке (ах), для академического и профессионального взаимодействия;
- ПК-2 – способен использовать свободное владение компьютерными программами анализа многомерных биомедицинских данных в задачах оценки состояния биосистем;
- ПК-3 – способен соблюдать правила безопасности в потенциально опасных лабораторных условиях.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

- ИУК-1.1. Выявляет проблемную ситуацию, на основе системного подхода осуществляет ее многофакторный анализ и диагностику.
- ИУК-1.2. Осуществляет поиск, отбор и систематизацию информации для определения альтернативных вариантов стратегических решений в проблемной ситуации
- ИУК-1.3. Предлагает и обосновывает стратегию действий с учетом ограничений, рисков и возможных последствий.
- ИУК-4.1. Обосновывает выбор актуальных коммуникативных технологий (информационные технологии, модерирование, медиация и др.) для обеспечения академического и профессионального взаимодействия.
- ИУК-4.2. Применяет современные средства коммуникации для повышения эффективности академического и профессионального взаимодействия, в том числе на иностранном (ых) языке (ах).
- ИУК-4.3. Оценивает эффективность применения современных коммуникативных технологий в академическом и профессиональном взаимодействиях
- ИПК-2.1. Знает принципы и методы сбора, обработки и наглядного представления медико-биологической информации.
- ИПК-2.2. Умеет планировать и разрабатывать дизайн медико-биологических исследований с использованием современных компьютерных технологий и программных средств.
- ИПК-2.3. Владеет навыками визуализации, моделирования, анализа результатов биомедицинских исследований.
- ИПК-3.1. Знает основные требования к проведению экспериментов с биообъектами в потенциально опасных лабораторных условиях и характер физиологических изменений
- ИПК-3.2. Умеет обеспечивать биологическую безопасность при работе в научно-исследовательских лабораториях
- ИПК-3.3. Владеет приемами выявления конкретных биологических рисков при работе с биологическими объектами

## **2. Задачи освоения дисциплины**

- Знакомство с основами взаимодействия излучения с веществом;
- знакомство с физическими основами методов спектрального анализа биологических объектов;
- знакомство со спектральной техникой, используемой для диагностических целей в биологии и медицине.

### **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы (дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.3).

Дисциплина нацелена на изучение современных принципов работы оптического и спектрального оборудования для решения биомедицинских задач. Особое внимание уделяется физическим основам методов электронной, ИК и Раман спектроскопии и их диагностического применения в биологии и медицине. Анализируются наиболее широко используемые в практике перспективные методы спектральной диагностики. В результате изучения курса обучающиеся приобретают фундаментальные и прикладные знания о принципах экспериментальных исследований с использованием современного спектрального оборудования, а также интерпретации полученных результатов.

Полученные в рамках дисциплины компетенции необходимы для эффективной организации научно-исследовательской работы с применением современного оптического и спектрального оборудования в области биомедицины, а также в клинической медицинской практике.

### **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 3, экзамен.

### **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины обучающиеся должны иметь общие представления о взаимодействии света с веществом.

Специальные компетенции для освоения дисциплины не предусмотрены.

### **6. Язык реализации**

Английский

### **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 часов, из которых:

- лекции: 16 ч.;
- лабораторные работы: 32 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

### **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

Тема 1. Введение в эмиссионно-атомную спектроскопию.

Введение в атомную спектроскопию. Описание базовых элементов спектральной аппаратуры: источники и приемники света, оптические элементы, принципы работы спектральных приборов.

Тема 2. Применение колебательно-вращательных методов молекулярной спектроскопии в медицине.

Описание методов ИК спектроскопии их приложений в медицине. Спектрометры высокого разрешения в молекулярной спектроскопии (дифракционная спектроскопия, Фурье-спектроскопия, аналитические возможности спектрометров). Структура и спектры поглощения воды, в том числе в биологических объектах.

Тема 3. Применение методов электронной спектроскопии для биомедицины.

Методы электронной спектроскопии в медицине: основная схема фотофизических процессов, спектрально-люминесцентные свойства молекул межмолекулярные взаимодействия, сольватация молекул и ее спектральное проявление.

Тема 4. Спектроскопия комбинационного рассеяния света для аналитической диагностики в биомедицине.

Введение в спектроскопию комбинационного рассеяния. Техника спектроскопии комбинационного рассеяния.

### 9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, оценки лабораторных заданий, предполагающих самостоятельную работу по поиску, анализу, обработке информации, подготовке и оформлению результатов в форме отчетов.

Балльная оценка текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине составляет максимум **72 балла**.

Таблица 9.1

№ п/п	Вид контроля	Количество	Количество баллов за 1 ед. контроля	Сумма
1.	Посещение лекций	8	1	8
2.	Выполнение лабораторных работ	8	8	64
	<b>ИТОГО</b>			<b>72</b>

Основным критерием балльной оценки текущего контроля успеваемости является **оценка качества выполнения лабораторной работы и подготовки отчета** (содержание ответа, полнота ответа, владение профессиональным языком).

Индикаторы балльной оценки лабораторной работы:

– 7-8 баллов – ответ не содержит ошибочных расчетов, элементов и утверждений, максимально полно раскрывает суть каждого вопроса, составлен профессиональным языком, содержит выводы;

– 5-6 баллов – в ответе допущены принципиальные ошибки и неточности в расчетах, ответ содержит упущения, составлен профессиональным языком, содержит выводы;

– 3-4 баллов – ответ содержит несколько ошибок в расчетах, упущения, содержание ответов не полное; составлен профессиональным языком, в выводах допущены неточности;

– 0-2 баллов – ответ содержит многочисленные ошибки в расчетах, упущения, содержание ответов не полное; выводы отсутствуют.

Текущий контроль фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

### 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

**Экзамен в третьем семестре** проводится в письменной форме по билетам. Каждый экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов по одной из тем дисциплины. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Общая схема фотофизических процессов в молекулах.
2. Теоретические основы и принципы ИК спектроскопии.
3. Основные законы дезактивации электронно-возбужденных состояний.
4. Структура молекулярных спектров.
5. Основные процессы в растворах.

6. Форма спектральной линии.
7. Приближение центрально симметричного поля.
8. Характеристики ИК-спектрометров.
9. Принципы работы дифракционного спектрометра.
10. Эффект Рамана.
11. Эмпирические правила: Гунда, Ланде, Лапорта.
12. Принцип работы Фурье-спектрометра.
13. Базовые элементы техники спектроскопии.
14. Спектрометр комбинационного рассеяния: принцип работы и основные элементы.
15. Электронные переходы. Правила отбора.
16. Структура и спектры поглощения воды.

К экзамену допускаются только те студенты, кто удовлетворительно выполнили все лабораторные работы.

Балльная оценка промежуточной аттестации (в форме экзамена) составляет максимум **28 баллов**.

Индикаторы балльной оценки ответа на экзамене:

– 22-28 баллов – ответы на вопросы билета не содержат ошибочных элементов и утверждений, ответы на дополнительные устные вопросы экзаменатора содержательны и убедительны;

– 15-21 баллов – в ответах на вопросы билета допущены не принципиальные ошибки и неточности, ответы на дополнительные устные вопросы экзаменатора содержат упущения;

– 8-14 баллов – в ответах на вопросы билета допущены несколько принципиальных ошибок, ответы на дополнительные устные вопросы экзаменатора содержат упущения;

– 0-7 баллов – ответы на вопросы билета имеют многочисленные ошибки, упущения или содержание ответов не имеет отношения к поставленному вопросу; ответы на дополнительные устные вопросы экзаменатора содержат ошибки.

Баллы, полученные на экзамене, суммируются с баллами, полученными по итогам текущего контроля. На основе итогового количества баллов выставляется оценка.

Соответствие 100-балльной шкалы оценок 4-альтернативной шкале оценок:

- 0-32 баллов – «неудовлетворительно»,
- 32-55 баллов – «удовлетворительно»,
- 55-78 баллов – «хорошо»,
- 78-100 баллов – «отлично».

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=3660>

б) Cherepanov V.N., Sinitsa L.N., Petrov D.V., Karlovets E.V. Optical methods in biomedicine. Study Guide, 2016.

в) оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине;

г) примерные темы лабораторных работ:

– Лабораторная работа №1 «Качественный анализ элементного состава материалов».

– Лабораторная работа №2 «Спектроскопические базы данных. Макетирование газоанализатора метана в выдыхаемом воздухе».

- Лабораторная работа №3 «Исследование лекарственных препаратов методом ИК- спектроскопии».
- Лабораторная работа №4 «Определение характеристик электронных полос поглощения и электронных состояний с использованием аминокислотных остатков, входящих в состав белка (фенилаланин, триптофан, тирозин)».
- Лабораторная работа №5 «Сольватифлуорохромы флуоресцентных зондов, используемых в биофизике и медицине».
- Лабораторная работа №6 «Применение УФ и видимой областей спектра при анализе витаминов».
- Лабораторная работа №7 «Качественный анализ методом спектроскопии комбинационного рассеяния».
- Лабораторная работа №8 «Количественный анализ методом спектроскопии комбинационного рассеяния».

Лабораторная работа №1 «Качественный анализ элементного состава материалов».

*Примеры заданий:*

1. Определение дисперсии стилоскопа.
2. Определение элементного состава неизвестной пробы.
3. Оформить отчет.

Лабораторная работа №2 «Спектроскопические базы данных. Макетирование газоанализатора метана в выдыхаемом воздухе».

*Примеры заданий:*

– Регистрация пользователя информационной системы. С помощью адреса <http://spectra.iao.ru> войти в информационную систему для моделирования инфракрасных спектров поглощения. Зарегистрироваться в ней, указав все свои данные.

1. Ознакомиться с программой SPECTRA:
    - Получить спектр атмосферы (Диаграмму интенсивностей).
    - Получить спектр пропускания атмосферы в узком спектральном диапазоне.
  2. Выбор спектральных линий для контроля CO<sub>2</sub> в атмосфере.
    - Составить газовую смесь (CO<sub>2</sub> -100%). Получить Диаграмму интенсивностей CO<sub>2</sub>.
    - Выбрать участок одной сильной полосы.
    - Получить спектр пропускания CO<sub>2</sub> при изменении температуры (77К...2000 К).
    - Получить спектр пропускания CO<sub>2</sub> при изменении длины пути (1 мм, 1 см, 1 м, 1 км).
    - Получить спектр пропускания CO<sub>2</sub> при изменении давления (0.1, 1, 20 атм)
    - Получить спектр пропускания CO<sub>2</sub> при изменении спектрального разрешения (0.01, 1, 30 см<sup>-1</sup>).
    - Выбрать линии, перспективные для разработки газоанализатора на концентрацию 300 ppm (0.03 % в атмосфере).
    - Использовать стандартную атмосферу ИОА или США, находящуюся в базе данных.
    - Получить спектр пропускания смоделированной атмосферы в районе выбранных линий.
    - Провести окончательный выбор измерительных линий.
- Основной критерий выбора – линии CO<sub>2</sub> должны быть достаточно сильными на фоне поглощения других линий атмосферного воздуха и не должны перекрываться с линиями атмосферного воздуха.
- Описать и объяснить полученные результаты.
3. Макетирование газоанализатора CH<sub>4</sub> в атмосфере.

- Составить газовую смесь ( $\text{CH}_4$  -100%). Получить Диаграмму интенсивностей  $\text{CH}_4$ .
- Выбрать участок сильной полосы.
- Выбрать линии, перспективные для разработки газоанализатора на концентрацию 1 ppm (0.000001 частей в атмосфере). (Параметры спектрометра: Спектральное разрешение – 0.1 см<sup>-1</sup>, Давление 1 атм, Пропускание 10-90%, Разумная длина пути 1-100 м).
- Составить атмосферную газовую смесь ( $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  – 1%,  $\text{CH}_4$ - 0.0001%). Можно использовать стандартную атмосферу ИОА или США, находящуюся в базе данных.
- Получить спектр пропускания смоделированной атмосферы в районе выбранных линий.
- Провести выбор участков.
- Провести окончательный выбор измерительных линий.  
(Основной критерий выбора – линии  $\text{CH}_4$  должны быть достаточно сильными на фоне поглощения атмосферного воздуха и не должны перекрываться с линиями атмосферного воздуха.
- Провести оптимальный выбор параметров спектрометра (пункт III.2) при их вариации.
- Описать и объяснить полученные результаты.
- Оформить отчет.

Лабораторная работа №3 «Исследование лекарственных препаратов методом ИК-спектроскопии».

*Примеры заданий:*

1. Ознакомиться с экспериментальной установкой.
2. Приготовить анализируемую пробу лекарственных препаратов.
3. Зарегистрировать спектр фонового сигнала.
4. Зарегистрировать спектры образцов со спектральным разрешением 10 см<sup>-1</sup>.
5. Ознакомиться со средой обработки цифровых данных «Origin».
6. Провести обработку полученных ИК спектров. Определить основные характеристические полосы поглощения.
7. Провести сравнение спектров поглощения исследуемых препаратов различных фирм-производителей и приведенных в фармакопейных статьях. Сделать вывод о содержании активного компонента.
8. Оформить отчет.

Лабораторная работа №4 «Определение характеристик электронных полос поглощения и электронных состояний с использованием аминокислотных остатков, входящих в состав белка (фенилаланин, триптофан, тирозин)».

*Примеры заданий:*

1. Измерить спектры поглощения исследуемой молекулы в предложенных растворителях.
2. Проверить выполнимость закона поглощения света
3. Определить характеристики электронных полос поглощения для предложенной молекулы:
  - а) длину волны и волновое число в максимуме полосы поглощения;
  - б) десятичный молярный коэффициент поглощения  $\epsilon_{\text{max}}$ ;
  - в) полуширину полосы  $\Delta\nu_{1/2}$ ;
  - г) интегральную интенсивность полосы;
  - д) силу осциллятора электронного перехода;

4. Определить характеристики электронных состояний:
  - а) тип состояния  $S_1(\pi, \pi^*)$  или  $S_1(n, \pi^*)$ ;
  - б) время жизни возбужденного состояния.
5. Построить схему энергетических уровней молекулы в полярном и неполярном растворителях.
6. Оформить отчет.

Лабораторная работа №5 «Сольватифлуорохромы флуоресцентных зондов, используемых в биофизике и медицине».

*Примеры заданий:*

1. Исследовать роль процессов сольватации в формировании спектра поглощения зондов.
2. Исследовать роль процессов сольватации в формировании спектра флуоресценции.
3. Приготовить растворы флуоресцентного зонда в растворителях различной полярности (протонодонорные, инертные, основные) с концентрациями зонда порядка 10 микромоля.
4. Снять спектры поглощения и флуоресценции в выбранных растворителях.
5. Оценить сдвиг полосы поглощения и флуоресценции за счёт универсальных взаимодействий и водородной связи.
6. Изучить зависимость положения полосы флуоресценции от диэлектрической проницаемости, параметров кислотности и основности.
7. Оформить отчет.

Лабораторная работа №6 «Применение УФ и видимой областей спектра при анализе витаминов».

*Примеры заданий:*

1. Проверка идентичности витаминов группы В ( $V_6, V_{12}, V_1$ ) различных производителей.
2. Анализ смеси витаминов  $V_6, V_{12}, V_1$  с использованием метода математического разложения спектра смеси по спектрам составляющих компонентов с известной концентрацией.
3. Приготовить водные растворы витаминов  $V_6, V_{12}, V_1$  различных производителей с концентрацией порядка миллимоля.
4. Подобрать концентрацию каждого витамина для получения спектра поглощения с величиной оптической плотности в интервале 0.1 – 0.5.
5. Зарегистрировать спектры поглощения выбранных растворов.
6. Рассчитать десятичный молярный коэффициент поглощения характерной для каждого витамина области и проверить на идентичность витамины.
7. Зарегистрировать спектры поглощения витаминов  $V_6, V_{12}, V_1$  определенной концентрации и их смесей.
8. Используя программу RAZLOG оценить концентрацию каждого витамина в смеси.
9. Оформить отчет.

Лабораторная работа №7 «Качественный анализ методом спектроскопии комбинационного рассеяния».

*Примеры заданий:*

1. Освоить методику регистрации спектров КР, а также получить представление о методике качественного анализа по спектру КР.
2. Ознакомиться с экспериментальной установкой и провести ее юстировку.

3. Поскольку программное обеспечение позволяет задать границы сканирования монохроматора в нм, рассчитать требуемый спектральный диапазон для регистрации частотных сдвигов от  $-1000 \text{ см}^{-1}$  до  $1000 \text{ см}^{-1}$ . Стоит учесть, что длина волны лазера  $\lambda = 473 \text{ нм}$  и это представляет частотный сдвиг  $0 \text{ см}^{-1}$ .

4. Получить от преподавателя две кюветы с неизвестными жидкостями и зарегистрировать их спектры КР.

5. Из полученных спектров КР определить в какой кювете находился СС14. Для этого необходимо воспользоваться известным фактом, что СС14 имеет в своем спектре КР четыре характерных колебательных полосы с частотными сдвигами:  $218 \text{ см}^{-1}$ ,  $314 \text{ см}^{-1}$ ,  $459 \text{ см}^{-1}$ ,  $762 \text{ см}^{-1}$ .

6. Определить температуру СС14 с помощью соотношения 1.24.

7. Оформить отчет.

Лабораторная работа №8 «Количественный анализ методом спектроскопии комбинационного рассеяния».

*Примеры заданий:*

1. Освоить методику количественного анализа жидких или газовых сред с помощью спектроскопии КР путем использования процедуры разложения по базисным спектрам.

2. Ознакомиться с экспериментальной установкой и провести ее юстировку.

3. Поскольку программное обеспечение позволяет задать границы сканирования монохроматора в нм, рассчитать требуемый спектральный диапазон для регистрации частотных сдвигов от  $-100 \text{ см}^{-1}$  до  $3500 \text{ см}^{-1}$ . Стоит учесть, что длина волны лазера  $\lambda = 473 \text{ нм}$  и это представляет частотный сдвиг  $0 \text{ см}^{-1}$ .

4. Зарегистрировать и сохранить в памяти ПК спектры КР чистого ацетона, этилацетата и 1,4-диоксана.

5. Получить от преподавателя смесь данных компонентов и зарегистрировать ее спектр КР.

6. Определить концентрации компонентов в смеси с помощью соотношения

7. Оформить отчет.

Характерными показателями развития самостоятельности у студента в результате освоения дисциплины являются: теоретическое осмысление изучаемого материала, накопление необходимых умений и навыков, интерес к процессу создания продукта собственной самостоятельной деятельности, умение провести презентацию созданного продукта, умение отстаивать собственную точку зрения или предложенный вариант решения проблемы, рефлексия своей деятельности и результата.

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Handbook of coherent-domain optical methods : biomedical diagnostics, environmental monitoring, and materials science [Electronic resource]/ ed. V. V. Tuchin. – New York : Springer Science+Business Media, 2013. – 1330 p. – The electronic version of the printing publication. – URL: <http://link.springer.com/referencework/10.1007/978-1-4614-5176-1> (access date: 24.02.2022).

2. Bujalowski W. Spectroscopic methods of analysis : methods and protocols [Electronic resource] / W. Bujalowski. – New York : Springer Science+Business Media, 2012. – 397 p. – (Methods in molecular biology, vol. 875). – The electronic version of the printing publication. – URL: <http://link.springer.com/book/10.1007/978-1-61779-806-1>. (access date: 24.02.2022).

3. Rolfe P. In vivo near-infrared spectroscopy [Electronic resource] // Annual review of biomedical engineering. – 2000. – Vol. 2. – P. 715–754. – The electronic version of the printing

publication. – URL: <http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.bioeng.2.1.715> (access date: 24.02.2022).

4. Gould T. J. Optical nanoscopy : from acquisition to analysis [Electronic resource] / T. J. Gouls, S. T. Hess, J. Bewersdorf // Annual Review of biomedical engineering. – 2012. – Vol. 14. – P. 231–254. – The electronic version of the printing publication. – URL: <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-bioeng-071811-150025> (access date: 24.02.2022).

5. Optical methods in biomedicine: Training manual/ ed. by V.N. Cherepanov. – Tomsk: Publishing House of Tomsk state university, 2016. – 201 p.

6. Atomic Spectroscopy and Radiative Processes electronic resource /by Egidio Landi Degl'Innocenti, Milano : Springer Milan : Imprint: Springer, 2014, XII, 430 p.

7. Optical Spectroscopy and Computational Methods in Biology and Medicine electronic resource / ed. by Malgorzata Baranska, Dordrecht: Springer Netherlands: Imprint: Springer, 2014, XII, 540 p.

8. Infrared Spectroscopy / ed. by J.M. Thompson. – Singapore: Pan Stanford Publishing Pte. Ltd, 2018. – 210 p.

9. Practical Fluorescence Spectroscopy / ed. by Z. Gryczynski, I. Gryczynski. – CRC Press, Taylor & Francis Group, 2019. – 792 p.

10. Advances in Near Infrared Spectroscopy and Related Computational Methods / ed. by C. Huck, K.B. Bec. – Switzerland: MDPI, 2019. – 498 p.

11. Review Near-Infrared Spectroscopy in Bio-Applications / K.B. Bec, J. Grabska, C.W. Huck. –Molecules. – 2020. – V. 25. – A. 2948; doi:10.3390/molecules25122948.

12. Near-Infrared Applications in Biotechnology / ed. by R. Raghavachari. – CRC Press, Taylor & Francis Group, 2020. – 392 p.

13. Vibrational Spectroscopy Applications in Biomedical, Pharmaceutical and Food Sciences / by A.A. Bunaciu, H.Y. Aboul-Enein, V. Dang Hoang. – Elsevier, 2020. – 256 p.

14. Analytical Techniques in Forensic Science / ed. by R. Wolstenholme, S. Jickells, S. Forbes. – John Wiley & Sons, Inc., 2020. – 442 p.

15. Handbook of Near-Infrared Analysis / ed. by E.W. Ciurczak, B. Igne, J. Workman, Jr., D.A. Burns. – CRC Press, Taylor & Francis Group, 2021. – 938 p.

16. Nanomaterials for Spectroscopic Applications / ed. by K. Pal. – CRC Press, Taylor & Francis Group, 2021. – 374 p.

б) дополнительная литература:

1. Introduction to special issue: Biophysics of development /S.McFann: Biophysical journal, 2021, V. 120, Issue 19, E1-E5. ([https://www.cell.com/biophysj/fulltext/S0006-3495\(21\)00773-6/](https://www.cell.com/biophysj/fulltext/S0006-3495(21)00773-6/)).

2. Physical phenotype of blood cells is altered in COVID-19 / M. Kubankova et al. Biophysical journal, 2021, V. 120, Issue 14, P. 2838-2847. ([https://www.cell.com/biophysj/fulltext/S0006-3495\(21\)00454-9](https://www.cell.com/biophysj/fulltext/S0006-3495(21)00454-9)).

3. On distributions of barrier crossing times as observed in single-molecule studies of biomolecules / A.M. Berezhkovskii et al. Biophysical reports, 2021, V. 1, Issue 2, 100029 ([https://www.cell.com/biophysreports/fulltext/S2667-0747\(21\)00029-X](https://www.cell.com/biophysreports/fulltext/S2667-0747(21)00029-X)).

4. Advances in Micropipette Aspiration: Applications in cell biomechanics, models, and extended studies / B. Gonzalez-Burmudez, et al. Biophysical respective, 2019, V. 116, Issue 4, P. 587-594 ([https://www.cell.com/biophysj/fulltext/S0006-3495\(19\)30020-7](https://www.cell.com/biophysj/fulltext/S0006-3495(19)30020-7)).

5. Mesoscale microscopy and image analysis tools for understanding the brain/ A. L. Tyso, Troy W. Margrie. Progress in Biophysics and Molecular Biology, 2022, V. 168, P. 81-93 (<https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2021.06.013>).

6. Tools and Trends in Bioanalytical Chemistry / ed. by L. T. Kubota, J. A. Fracassi da Silva, M. M. Sena, W. A. Alves. – Switzerland : Springer, 2022. – 558 p. – The electronic

version of the printing publication. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-82381-8> (access date: 24.02.2022).

7. Light–Matter Interaction (A Crash Course for Students of Optics, Photonics and Materials Science) / ed. by O. Stenzel. – Switzerland : Springer, 2022. – 548 p. – The electronic version of the printing publication. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-87144-4> (access date: 24.02.2022).

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Professional Plus 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office Access, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.);

– пакет программ Origin (фирмы OriginLab Corporation) для численного анализа данных и научной графики, включая различные статистические операции и обработку сигналов.

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

– Google Scholar – <https://scholar.google.com/>

в) профессиональные базы данных (при наличии):

– Информационная система SPECTRA (<http://spectra.iao.ru>) (для моделирования и визуализации молекулярных спектров поглощения атмосферных газов).

– Oxford Medicine Online (<https://oxfordmedicine.com/>).

– PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>).

### **14. Материально-техническое обеспечение**

Для проведения лекционных и семинарских занятий используется лаборатория моделирования физических процессов в биологии и медицине (аудитория № 442 второго учебного корпуса ТГУ), оснащенная интерактивной доской, звуковым и видеооборудованием, мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций, ресурсов сети Интернет, других учебных материалов. Имеются персональные компьютеры студентов, с доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Для проведения лабораторных работ используется материально-техническая база Сибирского физико-технического института им. акад. В.Д. Кузнецова.

### **15. Информация о разработчиках**

Черепанов Виктор Николаевич, д-р физ.-мат. наук, профессор физического факультета ТГУ;

Аксенова Юлия Викторовна, канд. хим. наук, доцент физического факультета ТГУ;

Карловец Екатерина Владимировна, PhD, доцент физического факультета ТГУ;  
Петров Дмитрий Витальевич, канд. техн. наук, доцент физического факультета  
ТГУ.