

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 12.03.04 Биотехнические системы и технологии

Наименование образовательной программы: Биотехнические и медицинские аппараты и системы

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ БИОФИЗИКИ

| | |
|---|--|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Обязательная |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.О.27 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 5 семестр - 3; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 108 часов |
| Лекции | 5 семестр - 16 часов; |
| Практические занятия | 5 семестр - 16 часов; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| Самостоятельная работа | 5 семестр - 75,7 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Контрольная работа Интервью | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Зачет с оценкой | 5 семестр - 0,3 часа; |

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|--|--|----------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Крамм М.Н. |
| | Идентификатор | R07fd3885-KrammMN-8d6314d0 |

(подпись)

М.Н. Крамм

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|--|--|--------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Жихарева Г.В. |
| | Идентификатор | Rdb27a5d8-ZhikharevaGV-9fcbf8c |

(подпись)

Г.В. Жихарева

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|--|--|--------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Шалимова Е.В. |
| | Идентификатор | Rf4bb1f0c-ShalimovaYV-f267ebd6 |

(подпись)

Е.В. Шалимова

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение основных положений современной биофизики с целью их использования при проектировании и разработке медико-биологических аппаратов и систем

Задачи дисциплины

- овладение основными положениями современной биофизики;
- овладение информацией об использовании биофизических методов в медицине и в биологии;
- изучение роли и соотношения физико-химических и биологических процессов в живом организме;
- освоение основных методов теоретического и инструментального исследования процессов взаимодействия электромагнитных полей с биологическими структурами и объектами;
- углубление физических представлений о воздействиях электромагнитных излучений на живые организмы;
- овладение основами расчета воздействия внешних полей на биообъекты.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|---|---|--|
| ОПК-1 способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с разработкой, проектированием, конструированием, технологиями производства и эксплуатации биотехнических систем | ИД-1 _{ОПК-1} Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы | знать: – механизмы взаимодействия ЭМП с ансамблем полярных молекул;; – механизмы взаимодействия ЭМП с молекулами на основе квантовых подходов;; – термодинамические основы жизни и природу движения классических частиц в биообъектах,; |
| ОПК-1 способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с разработкой, проектированием, конструированием, технологиями производства и эксплуатации биотехнических систем | ИД-2 _{ОПК-1} Применяет знания естественных наук и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера | уметь: – самостоятельно разбираться в биофизических процессах жизнедеятельности,; |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|--|---|--|
| ПК-1 Способен участвовать в научных исследованиях в области создания биотехнических систем | ИД-2 _{ПК-1} Анализирует сигналы и данные, определяет их влияние на параметры биотехнических систем | уметь: - – рассчитывать электромагнитные поля в биообъектах;. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Биотехнические и медицинские аппараты и системы (далее – ОПОП), направления подготовки 12.03.04 Биотехнические системы и технологии, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|
| | | | | Контактная работа | | | | | | | СР | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | Термодинамика живого организма | 11 | 5 | 1 | - | 2 | - | - | - | - | - | 8 | - | <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Термодинамика живого организма" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], Гл.2 стр.34-72</p> |
| 1.1 | Термодинамика живого организма | 11 | | 1 | - | 2 | - | - | - | - | - | 8 | - | |
| 2 | Движение классических заряженных частиц | 18 | | 5 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | 9 | |
| 2.1 | Движение классических заряженных частиц | 18 | | 5 | - | 4 | - | - | - | - | - | 9 | - | <p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания проводится обзор и анализ рекомендуемой литературы. Формулируются подходы к выполнению задания, составляются расчетные математические алгоритмы, проводится исследование по сформулированным математическим моделям. Полученные графики частотных и пространственных распределений исследуемых характеристик анализируются. Задание выполняется индивидуально по персональным задачам. <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Движение классических заряженных частиц и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Движение классических заряженных частиц"</p> |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------------------------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], Гл 3,4 стр.75-154 |
| 3 | Строение атомов и молекул | 16 | 3 | - | 4 | - | - | - | - | - | 9 | - | <u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания проводится обзор и анализ рекомендуемой литературы. Формулируются подходы к выполнению задания, составляются расчетные математические алгоритмы, проводится исследование по сформулированным математическим моделям. Полученные графики частотных и пространственных распределений исследуемых характеристик анализируются. Задание выполняется индивидуально по персональным задачам. <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Строение атомов и молекул и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Строение атомов и молекул" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], Гл.6,7,8 стр 155-213 |
| 3.1 | Строение атомов и молекул | 16 | 3 | - | 4 | - | - | - | - | - | 9 | - | |
| 4 | Электродипольное взаимодействие | 24 | 4 | - | 4 | - | - | - | - | - | 16 | - | <u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие: |
| 4.1 | Электродипольное взаимодействие | 24 | 4 | - | 4 | - | - | - | - | - | 16 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------------------------------------|-------|----|---|----|---|---|---|---|-----|------|------|---|
| | | | | | | | | | | | | | <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Электродипольное взаимодействие и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Электродипольное взаимодействие" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], Гл.9 стр 214-232</p> |
| 5 | Магнитодипольное взаимодействие | 21 | 3 | - | 2 | - | - | - | - | - | 16 | - | <p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания проводится обзор и анализ рекомендуемой литературы. Формулируются подходы к выполнению задания, составляются расчетные математические алгоритмы, проводится исследование по сформулированным математическим моделям. Полученные графики частотных и пространственных распределений исследуемых характеристик анализируются. Задание выполняется индивидуально по персональным задачам.</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Магнитодипольное взаимодействие" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], Гл.10 стр 233-272</p> |
| 5.1 | Магнитодипольное взаимодействие | 21 | 3 | - | 2 | - | - | - | - | - | 16 | - | |
| | Зачет с оценкой | 18.0 | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | 17.7 | |
| | Всего за семестр | 108.0 | 16 | - | 16 | - | - | - | - | 0.3 | 58 | 17.7 | |
| | Итого за семестр | 108.0 | 16 | - | 16 | - | - | - | - | 0.3 | 75.7 | | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам

дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Термодинамика живого организма

1.1. Термодинамика живого организма

Законы равновесной термодинамики. Понятие энтропии. Неравновесные и открытые системы. Теорема Пригожина. Стационарные состояния. Самоорганизация..

2. Движение классических заряженных частиц

2.1. Движение классических заряженных частиц

Ионный ток. Длина свободного пробега. Частота столкновений. Диэлектрические свойства ионной плазмы. Диффузия. Мембранный потенциал клетки. Распространение возбуждения по нервному волокну. Ориентационная поляризация. Модель Дебая..

3. Строение атомов и молекул

3.1. Строение атомов и молекул

Корпускулярно-волновой дуализм Волновая теория вещества. Волновые свойства частиц. Волны де-Бройля. Волновая функция. Волновой пакет. Групповая скорость. Уравнение Шредингера. Решение уравнения Шредингера. Атом водорода. Квантовые числа. Строение атомов. Строение молекул. Виды химической связи. Электронные, колебательные и вращательные спектры атомов и молекул. Строение белков Электронные, колебательные и вращательные спектры поглощения. Хиральность белковых молекул. Особенности поглощения электромагнитного излучения в белках Методы исследования структур белковых молекул. Аналоговые и цифровые методы и устройства исследования спектров белковых молекул..

4. Электродипольное взаимодействие

4.1. Электродипольное взаимодействие

Уравнение для поляризации. Комплексная диэлектрическая восприимчивость. Электрические свойства биологических тканей и жидкостей. Поглощенная мощность. Инверсия населенностей. Отрицательная удельная проводимость. Квантовый генератор. Использование лазеров в медицине. Принципы электрофизиотерапии..

5. Магнитодипольное взаимодействие

5.1. Магнитодипольное взаимодействие

Методы описания магнитных свойств вещества. Магнитодипольное приближение. Типы магнитных материалов. Диамагнетики, пара-магнетики, ферромагнетики Уравнение движения вектора намагниченности. Комплексная магнитная восприимчивость. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Принципы ЯМР томографии..

3.3. Темы практических занятий

1. Термодинамическое равновесие -2 часа
2. Ионная проводимость плазмы. Комплексная диэлектрическая проницаемость -2 часа
3. Ориентационная поляризация. Комплексная диэлектрическая проницаемость -2 часа
4. Модель Дебая. Комплексная диэлектрическая проницаемость -2 часа
5. Электромагнитные волны в биологических средах -2 часа
6. Двухуровневая квантовая система. Решение уравнения для электрической поляризации. Комплексная диэлектрическая восприимчивость -4 часа.

7. Уравнение движения вектора намагниченности. Комплексная магнитная восприимчивость. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) -2 часа.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Термодинамика живого организма"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Движение классических заряженных частиц"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Строение атомов и молекул"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электродипольное взаимодействие"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Магнитодипольное взаимодействие"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Термодинамика живого организма"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Движение классических заряженных частиц"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Строение атомов и молекул"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Электродипольное взаимодействие"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Магнитодипольное взаимодействие"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | | | Оценочное средство (тип и наименование) |
|--|-----------------------|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Знать: | | | | | | | |
| – термодинамические основы жизни и природу движения классических частиц в биообъектах; | ИД-1 _{ОПК-1} | + | | | | | Интервью/Защита расчетного задания. Ч.1 Контрольная работа/Контрольная работа по теме "Ионные токи" |
| – механизмы взаимодействия ЭМП с молекулами на основе квантовых подходов; | ИД-1 _{ОПК-1} | | | + | | + | Интервью/Защита расчетного задания. Ч.1 Интервью/Защита расчетного задания. Ч.2 . Контрольная работа/Контрольная работа по теме "Электродипольное взаимодействие" |
| – механизмы взаимодействия ЭМП с ансамблем полярных молекул; | ИД-1 _{ОПК-1} | | + | | | | Контрольная работа/Контрольная работа по теме "Модель Дебая" |
| Уметь: | | | | | | | |
| – самостоятельно разбираться в биофизических процессах жизнедеятельности; | ИД-2 _{ОПК-1} | | + | + | | + | Интервью/Защита расчетного задания. Ч.1 Интервью/Защита расчетного задания. Ч.2 . Контрольная работа/Контрольная работа по теме "Ионные токи" |
| – рассчитывать электромагнитные поля в биообъектах; | ИД-2 _{ПК-1} | | + | | + | | Контрольная работа/Контрольная работа по теме "Модель Дебая" Контрольная работа/Контрольная работа по теме "Электродипольное взаимодействие" |

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

5 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа по теме "Ионные токи" (Контрольная работа)
2. Контрольная работа по теме "Модель Дебая" (Контрольная работа)
3. Контрольная работа по теме "Электродипольное взаимодействие" (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Защита расчетного задания. Ч.1 (Интервью)
2. Защита расчетного задания. Ч.2 . (Интервью)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №5)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 5 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Штыков, В. В. Введение в биофизику для электро- и радиоинженеров : учебное пособие / В. В. Штыков . – СПб. : Лань-Пресс, 2019 . – 292 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-3734-4 .;
2. Штыков В. В.- "Введение в биофизику для электро- и радиоинженеров", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2019 - (292 с.)
<https://e.lanbook.com/book/123676>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Acrobat Reader;
6. GNU Octave;
7. 7-zip.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>

2. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|--|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Е-802/1, Учебная лаборатория "Электродинамики" | стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер, верстак электротехнический, стенд информационный, стенд учебный |
| | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| | А-402, Учебная аудитория | парта, стул, доска меловая, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Е-802/1, Учебная лаборатория "Электродинамики" | стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер, верстак электротехнический, стенд информационный, стенд учебный |
| | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| | Б-318, Учебная аудитория | парта со скамьей, стул, стол письменный, доска меловая, доска маркерная, кондиционер |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Е-802/1, Учебная лаборатория "Электродинамики" | стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер, верстак электротехнический, стенд информационный, стенд учебный |
| | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| | Б-318, Учебная аудитория | парта со скамьей, стул, стол письменный, доска меловая, доска маркерная, кондиционер |
| Помещения для самостоятельной работы | НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой | стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный |
| | НТБ-303, Компьютерный читальный зал | стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет |

| | | |
|--|--------------------------|---|
| | | Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер |
| Помещения для консультирования | Е-815, Преподавательская | стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Е-822, Архив | стеллаж для хранения книг, вешалка для одежды, холодильник, хозяйственный инвентарь |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Специальные вопросы биофизики

(название дисциплины)

5 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Контрольная работа по теме "Ионные токи" (Контрольная работа)
- КМ-2 Контрольная работа по теме "Модель Дебая" (Контрольная работа)
- КМ-3 Контрольная работа по теме "Электродипольное взаимодействие" (Контрольная работа)
- КМ-4 Защита расчетного задания. Ч.1 (Интервью)
- КМ-5 Защита расчетного задания. Ч.2 . (Интервью)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 12 | 12 | 16 |
| 1 | Термодинамика живого организма | | | | | | |
| 1.1 | Термодинамика живого организма | | + | | | + | |
| 2 | Движение классических заряженных частиц | | | | | | |
| 2.1 | Движение классических заряженных частиц | | + | + | + | + | + |
| 3 | Строение атомов и молекул | | | | | | |
| 3.1 | Строение атомов и молекул | | + | | + | + | + |
| 4 | Электродипольное взаимодействие | | | | | | |
| 4.1 | Электродипольное взаимодействие | | | + | + | | |
| 5 | Магнитодипольное взаимодействие | | | | | | |
| 5.1 | Магнитодипольное взаимодействие | | + | | + | + | + |
| Вес КМ, %: | | | 10 | 15 | 15 | 25 | 35 |