

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ
Директор института физики
профессор, д.ф.-м.н. Вениг С.Б.



2022 г.

Рабочая программа дисциплины
Электродинамика биологических сред

Направление подготовки бакалавриата
03.03.02 Физика

Профиль подготовки бакалавриата
Физика живых систем

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов,
2022

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватели-разработчики	Дербов Владимир Леонардович		23.05.2022
Председатель НМК	Скрипаль Анатолий Владимирович		05.09.2022
Заведующий кафедрой	Аникин Валерий Михайлович		25.05.2022
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Электродинамика биологических сред» являются: обеспечение студентов знаниями, умениями и готовностями в области классической электродинамики с предметной ориентацией на биологически значимые среды и системы как фундаментальной теоретической основы теоретической биофизики; выработка компетенций, способствующих социальной мобильности и востребованности обучаемого на рынке труда. Указанные цели соответствуют общим целям ООП ВО, реализуемой СГУ в Институте физики по направлению подготовки 03.03.02 "Физика", профиль "Физика живых систем".

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.О.26 «Электродинамика биологических сред» относится к обязательной части блока 1 рабочего учебного плана по программе бакалавриата, направление 03.03.02"Физика", профиль «Физика живых систем». Она является базовой для освоения как других разделов теоретической биофизики, так и специальных дисциплин, связанных с физикой электрических и магнитных явлений.

Требования к «входным» знаниям, умениям и готовностям обучающегося, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин (модулей), включают подготовку по общей физике (электричество и магнетизм) и математике (дифференциальное и интегральное исчисление, аналитическая геометрия, векторный анализ, дифференциальные уравнения, включая уравнения в частных производных). Студенты должны иметь навыки самостоятельной работы с учебной литературой и информационными системами, уметь решать физические задачи, требующие применения высшей математики, анализировать и графически представлять полученные результаты.

Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для следующих дисциплин учебного плана данного профиля: Б1.О.34 Основы оптики биотканей, Б1.О.35 Основы фотомедицины, Б1.В.05 Когерентно-оптические методы в биофизике, Б1.В.09 Спецпрактикум 2: Оптические когерентные методы измерений, Б1.В.ДВ.01.01 Оптическая когерентная томография и микроскопия.

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических	ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями в области физико-математических наук, необходимыми для решения профессиональных задач.	<u>Знать</u> : основные понятия и законы физики, методы математического анализа. <u>Уметь</u> : применять математические методы для

и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;		решения задач с использованием стандартных программных средств. <u>Владеть:</u> математическими методами решения профессиональных задач, основными приемами обработки экспериментальных данных.
	ОПК-1.2. Аргументированно применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.	<u>Знать</u> основные электродинамические явления, используемые в инженерной практике <u>Уметь</u> применять указанные знания в инженерной практике проектировании биотехнических и медицинских изделий <u>Владеть</u> навыками упрощения теории электродинамических явлений и свойств для нужд инженерной практики
	ОПК-1.3. Обладает навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, решения профессиональных задач в области физики и смежных с ней естественнонаучных дисциплин.	<u>Знать</u> методы электродинамики биологических сред, имеющие непосредственное инженерное применение <u>Уметь</u> применять указанные методы при проектировании биотехнических систем, медицинских изделий <u>Владеть</u> навыками применения электродинамики в проектировании биотехнических систем
ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-2.1. Знает основные методы научных исследований физических объектов, систем и процессов и владеет навыками проведения физического (лабораторного) эксперимента.	<u>Знать:</u> основные методы лабораторных медицинских исследований. <u>Уметь:</u> осуществлять мероприятия по организации измерений, эффективно использовать современное физическое оборудование в медицинских лабораториях, определять погрешность средств измерений и результатов измерений. <u>Владеть:</u> средствами

		информационных, компьютерных и сетевых технологий для поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации.
	ОПК-2.2. Выбирает и использует соответствующие ресурсы, современные методики и оборудование для проведения экспериментальных исследований и измерений.	<u>Знать</u> методы для проведения экспериментальных исследований с использованием электродинамики <u>Уметь</u> выбрать подходящий метод для проведения оптических и электрофизических экспериментов с биологическими средами <u>Владеть</u> практическими навыками использования методов с применением элементов электродинамики
	ОПК-2.3. Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов.	<u>Знать</u> методы теоретической обработки экспериментальных результатов с использованием электродинамики <u>Уметь</u> обрабатывать результаты оптических и электрофизических экспериментов с биологическими средами <u>Владеть</u> практическими навыками использования электродинамики при обработке результатов биофизического эксперимента

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				лекции	Практические занятия	СРС	Контроль	
					Общая трудоемкость			Из них – практическая

						подго- товка			
1	Введение. Уравнения Максвелла. Законы сохранения.	5	1-3	4	4	2	4		Контрольные вопросы, проверка выполнения заданий для самостоятельной работы
2	Потенциалы электромагнитного поля. Излучение волн зарядами. Рассеяние электромагнитных волн малыми частицами.	5	4-6	6	6	3	5		Контрольные вопросы, проверка выполнения заданий для самостоятельной работы
3	Диэлектрики и проводники в постоянном электрическом поле	5	7-9	6	6	3	5		Контрольные вопросы, проверка выполнения заданий для самостоятельной работы
4	Классическая теория дисперсии и поглощения.	5	10-12	6	6	3	5		Контрольные вопросы, проверка выполнения заданий для самостоятельной работы
5	Магнетики в магнитном поле	5	13-15	6	6	3	5		Контрольные вопросы, проверка выполнения заданий для самостоятельной работы
6	Рассеяние электромагнитных волн на макроскопических частицах	5	16-17	6	6	3	4		Контрольные вопросы, проверка выполнения заданий для самостоятельной работы
7	Промежуточная аттестация	5						36	Экзамен
8	Итого			36	36	18	36	36	144

Содержание дисциплины

1. Введение. Вещество и поле. Фундаментальные взаимодействия. Электромагнитное взаимодействие и его значение в природе, живых системах. Электромагнитные методы исследования биологических систем. Микро- и макрополя в веществе.

Уравнения Максвелла. Уравнения Максвелла для свободных зарядов в вакууме. Классическая модель строения вещества, свободные и связанные заряды, молекулярные токи. Усреднение уравнений микрополя. Векторы поляризации и намагничения среды как средние плотности электрического дипольного и магнитного моментов среды. Феноменологическое определение

векторов поляризации и намагничения. Материальные уравнения. Уравнения Максвелла для макрополей в среде. Условия сшивки полей на границе двух сред.

Законы сохранения. Сохранение заряда, уравнение непрерывности. Энергия электромагнитного поля в среде. Сохранение энергии в системе «поле + заряды». Плотность энергии и плотность потока энергии. Импульс и момент импульса электромагнитного поля. Световое давление. Оптические ловушки и оптические пинцеты.

2. Потенциалы электромагнитного поля. Определение, калибровочная инвариантность, условие калибровки Лоренца. Волновые уравнения, решение для плоской волны. Запаздывающий потенциал переменного точечного заряда. Запаздывающие потенциалы поля, создаваемого объемным распределением зарядов и токов.

Излучение волн зарядами. Ближнее и дальнее поле излучения. Волновая зона, выражение полей через потенциалы. Дипольное приближение. Электрический дипольный момент системы зарядов. Угловое распределение и поляризация излучения колеблющегося и вращающегося диполя. Ближняя зона излучения и выражение полей через векторный потенциал в общем случае.

Рассеяние электромагнитных волн малыми частицами. Сечение рассеяния. Формула Томсона. Полное сечение. Молекулярное рассеяние (рассеяние Рэлея), сечение рассеяния, частотная зависимость.

3. Диэлектрики и проводники в постоянном электрическом поле. Собственный и индуцированный дипольный моменты. Поляризуемость. Поляризация неполярных и полярных диэлектриков. Эффективное поле, поправка Лоренца. Экспериментальное определение дипольного момента и поляризуемости по зависимости молярной поляризации от температуры. Проводники в электростатическом поле. Емкость. Постоянный электрический ток, законы Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальной и интегральной форме.

4. Классическая теория дисперсии и поглощения. Модель упруго связанных зарядов. Расчет комплексной восприимчивости и ее связь с коэффициентом поглощения и показателем преломления. Нормальная и аномальная дисперсия и поглощение. Радиационное уширение спектральных линий. Другие факторы уширения. Нелинейные восприимчивости. Генерация второй гармоники и ее применение в микроскопии и томографии

5. Магнетики в магнитном поле. Диа-, пара-, и ферромагнетизм. Теорема Лармора и диамагнитная восприимчивость. Ориентационная теория парамагнетизма, квантование проекции момента. Ферромагнетизм, феноменоло-

гическое описание, качественное объяснение квантовой природы. Явление магнитного резонанса и его применение в медицинской диагностике.

6. Рассеяние электромагнитных волн на макроскопических частицах. Теория рассеяния Ми для проводящих и непроводящих шаров, многослойных шаров. Рассеяние на цилиндрических структурах, влияние упаковки – ближнего порядка. Рассеяние на эллипсоидах. Альтернативные теории Ми методы расчета. Рассеяние на проводящих частицах, плазмонный резонанс.

5. Образовательные технологии

При реализации дисциплины применяются следующие виды учебных занятий: лекции, иная контактная работа (ИКР), самостоятельная работа, зачет с оценкой.

На лекциях, кроме традиционного изложения материала, предусмотрены активные формы учебного процесса: разбор конкретных ситуаций, интерактивные демонстрации и анализ моделей с использованием современных численно-символьных средств математического обеспечения и графической презентации.

Самостоятельная работа студентов (СРС) и тесно связанная с ней ИКР включает индивидуальные консультации, проводимые очно и по Интернету, как в форме видеоконференций, так и путем обмена сообщениями. ИКР имеет интерактивный характер, включает руководство и контроль со стороны преподавателя. В ходе контроля СРС студенты формулируют, а в ходе ИКР - выясняют с преподавателем возникающие вопросы, получают индивидуальные задания и разъяснения.

Зачет с оценкой проводится в форме собеседования по письменным ответам на вопросы билета, оценка ставится в соответствии с критериями БАРС.

При изучении дисциплины **инвалидами и лицами с ОВЗ** учебные занятия организуются с учетом индивидуальных возможностей обучаемых, в том числе, с применением дистанционных адаптивных образовательных технологий и средств удаленного доступа.

Для слабовидящих студентов в лекционных и учебных аудиториях должна быть предусмотрена возможность просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеувеличителей для удаленного просмотра. Для чтения учебно-методической литературы необходимо предусмотреть наличие электронных луп. При необходимости должна быть предусмотрена возможность записи лекций на диктофон.

Слабослышащие студенты должны получать дополнительную информацию по дисциплине из видеоматериалов, подготовленных преподавателем (см. п.8 пп. б) *программное обеспечение и Интернет-ресурсы*).

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов учебные занятия могут быть организованы занятия с привлечением дистанционных образовательных технологий и средств удаленного дос-

тупа, проведением консультаций в интерактивном режиме on-line (Zoom, Skype) и (или) по электронной почте, через систему IpsilonUni, с обеспечением электронными образовательными ресурсами (электронными пособиями, презентациями).

Удельный вес занятий: Доля лекционных занятий составляет 47% общей трудоемкости, 40% на самостоятельную работу и 13% на ИКР, что соответствует требованиям ФГОС и локальных нормативных актов СГУ).

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

Примеры задач для ИКР и СРС

01 Найти среднюю объемную плотность ρ электрических зарядов в атмосфере, если известно, что напряженность электрического поля на поверхности Земли равна 100 В/м, а на высоте $h=1.5$ км напряженность равна 25 В/м.

02 Незаряженный проводящий шар помещен в однородное электрическое поле E_0 . Найти точки поверхности шара, в которых поле по абсолютной величине останется прежним и в три раза больше первоначального.

03 Три тонкие концентрические сферы радиусами $R_1 < R_2 < R_3$ находятся в вакууме и заряжены соответственно q_1, q_2, q_3 . В произвольной точке между первой и второй сферами потенциал известен. Как изменится потенциала в этой точке, если вторую и третью сферы замкнуть между собой.

04 Найти силу притяжения между точечным зарядом q и металлическим шаром радиуса r , если заряд находится на расстоянии d от центра шара. Рассмотреть случаи, когда шар заземлен и шар изолирован, а полный его заряд равен нулю.

05 Рассмотрим "идеальный газ", состоящий из большого количества проводящих шариков радиусом r . Вычислить диэлектрическую постоянную если плотность шариков n удовлетворяет соотношению $r^3 n \ll 1$.

06 Рассмотрим тонкий длинный диэлектрический цилиндр длиной l радиусом r с постоянной поляризацией \mathbf{P}_0 . Найти напряженность электрического поля на торце цилиндра. Во сколько раз это поле сильнее, чем на поверхности цилиндра на середине его длины?

07 Внутри плоского конденсатора, обкладки которого соединены между собой, находится диэлектрическая пластина толщиной h с однородной постоянной поляризацией \mathbf{P} , вектор которой перпендикулярен боковым граням пластины. Определить напряженность поля и электрическую индукцию внутри и вне пластины. Расстояние между обкладками конденсатора равно d .

08 Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено диэлектриком, диэлектрическая проницаемость которого линейно меняется от значения ε_1 у одной пластины до значения $\varepsilon_2 < \varepsilon_1$ у другой. Расстояние между пластинами d , площадь каждой из них равна S . Найти емкость C конденсатора.

12 Найти индукцию \mathbf{B} магнитного поля на оси соленоида в точке, из которой диаметры торцов видны под углами 2α и 2β . Соленоид состоит из N витков, равномерно намотанных на длине l , и по нему течет ток I .

13 Широкая полоса полиэтиленовой пленки протягивается по роликам со скоростью v . В этом процессе (главным образом из-за трения) поверхность пленки приобретает равномерно распределенный заряд с поверхностной плотностью σ . Оценить максимальное значение σ и индукции магнитного поля \mathbf{B} вблизи поверхности пленки, принимая во внимание, что при величине напряженности электрического поля E_0 в воздухе возникает электрический разряд (пробой).

14 На оси полого цилиндра находится заряженная нить, на единицу длины которой приходится заряд τ . Цилиндр вращается вокруг своей оси с угловой скоростью ω . Определить индукцию магнитного поля \mathbf{B} в материале цилиндра вдали от его торцов. Определить также индукцию магнитного

поля в полости цилиндра и во внешнем пространстве в случаях, если цилиндр: а) металлический немагнитный; б) диэлектрический ε .

15 Вдоль плазменного цилиндра радиусом R с параболическим распределением проводимости $\sigma = \sigma_0(1 - r^2/R^2)$ течет постоянный ток I . Найти индукцию магнитного поля \mathbf{B} внутри и вне цилиндра в зависимости от расстояния r от оси цилиндра.

16 По двум бесконечно длинным прямолинейным немагнитным проводникам, текут в противоположных направлениях токи с одинаковой плотностью j . Проводники ограничены цилиндрическими поверхностями. Найти величину и направление магнитного поля в области пересечения проводников. Расстояние между осями цилиндров d .

17 Найти величину тока I , который нужно пустить по длинному и тонкому соленоиду с плотностью намотки n , чтобы индукция \mathbf{B} была равна индукции постоянного магнита тех же размеров? Намагниченность \mathbf{M} постоянна и направлена по оси соленоида.

27 Длинный сверхпроводящий соленоид радиусом укреплен по центру диска из изолятора, который может свободно вращаться вокруг своей оси. Соленоид замкнут накоротко, и в нем циркулирует ток, создающий в центре соленоида индукцию \mathbf{B}_0 . На диск вне соленоида нанесен заряд q . Соленоид разогревается, и ток в нем прекращается. Найти момент импульса, который получает в результате этого вся система.

28 Материал внутри соленоида, (длина соленоида – l , радиус – R , число витков – N), представляет собой однородное вещество с диэлектрической проницаемостью ε и магнитной проницаемостью μ . По обмотке течет переменный ток $I = I_0 \cos \omega t$. Вычислить магнитную и электрическую энергии внутри соленоида.

29 Заряженный плоский конденсатор, обкладки которого представляют два одинаковых диска радиуса R , пробивается электрической искрой вдоль своей оси. Считая разряд квазистационарным, вычислить мгновенное значение

напряженности магнитного поля H внутри конденсатора (как функцию расстояния r до его оси). Сила тока в электрической искре равна I .

30 Рассмотрим плоский конденсатор (емкостью C , зарядом q), обкладками которого являются два одинаковых диска. Пластины соединены длинным цилиндрическим проводом, проходящим вне конденсатора. Вычислить полный поток электромагнитной энергии из конденсатора и поток электромагнитной энергии, втекающий внутрь провода.

31 В колебательном контуре (индуктивность L , емкость C), где катушкой индуктивности служит прямая длинная проволочная спираль, совершаются незатухающие колебания силы тока $I = I_0 \cos \omega t$, $\omega^2 = 1/LC$. Как изменятся частота, амплитуда и энергия колебаний, если в момент времени $t = 0$ быстро (за промежуток времени $t = 1/\omega$) растянуть спираль до удвоенной длины? Почему при этом меняется энергия колебаний.

32 На резонансный контур воздействуют периодическими импульсами так, что каждый отдельный импульс создает на конденсаторе дополнительное напряжение V . Промежутки времени между двумя последовательными импульсами в k раз больше периода собственных колебаний. Определить амплитуду V_0 установившихся колебаний, считая декремент затухания контура малым.

33 Рассмотрим электрический колебательный контур с воздушным конденсатором, одна из пластин которого подвижна (емкостный датчик). Оценить минимальное измеряемое перемещение пластинки конденсатора ζd , если контур настроен в резонанс. Напряжение источника питания V , минимальное измеряемое изменение напряжения на сопротивлении ζV , добротность контура Q .

Вопросы и задания для проведения текущего контроля самостоятельной работы студентов:

1. Сравните между собой известные фундаментальные взаимодействия. Где проявляется электромагнитное взаимодействие в живой и неживой природе?

2. При выполнении каких условий можно пользоваться понятием сплошной среды и макроскопического электромагнитного поля?
3. Запишите уравнения Максвелла для свободных зарядов в вакууме в дифференциальной и интегральной форме. Теоретическим обобщением каких экспериментальных фактов являются уравнения Максвелла?
4. Охарактеризуйте классическую модель вещества, в чем отличие свободных и связанных зарядов и токов? Какие макроскопические величины получаются при усреднении напряженности электрического и индукции магнитного полей?
5. Что такое векторы поляризации и намагничения и как они связаны с микроскопическими параметрами молекул среды?
6. Приведите простейшие примеры материальных уравнений.
7. Покажите, что из уравнений Максвелла для макрополей в среде следуют условия сшивки полей на границах раздела двух сред. Что такое поверхностная плотность зарядов и токов?
8. Покажите, что закон сохранения заряда следует из уравнений Максвелла.
9. Дайте определение плотности энергии и плотности потока энергии электромагнитного поля. Сформулируйте теорему Умова-Пойнтинга.
10. В чем проявляется наличие у электромагнитного поля импульса и момента импульса? Опишите применение электромагнитного поля оптической частоты для захвата и удержания заряженных частиц (ловушки) и манипулирования ими (оптические пинцеты).
11. Получите волновые уравнения для векторного и скалярного потенциалов электромагнитного поля в калибровке Лоренца.
12. Что такое калибровочная инвариантность?
13. Покажите, что общим решением одномерного волнового уравнения является плоская волна.
14. Как связаны между собой потенциалы, электрическое и магнитное поле в плоской волне?
15. Покажите, что запаздывающий потенциал произвольного распределения зарядов и токов можно получить по принципу суперпозиции из запаздывающего потенциала переменного точечного заряда.
16. Запишите выражение полей через потенциалы и связь между электрическим и магнитным полями в волновой зоне излучения. Какие характерные пространственные масштабы позволяют судить о том, находится ли точка наблюдения в ближнем или дальнем поле?
17. Получите запаздывающий потенциал дипольного излучения для дискретной и непрерывной системы зарядов. В чем разница двух способов описания?

18. Сравните угловое распределение интенсивности и поляризацию излучения колеблющегося и вращающегося диполя, объясните их связь с помощью принципа суперпозиции.
19. Когда наиболее важен учет магнитно-дипольного и квадрупольного излучения?
20. Найдите поле излучения линейного диполя в общем виде (ближняя зона) и покажите, что при больших расстояниях из них получаются выражения для дальней зоны.
21. Что такое сечение рассеяния?
22. Опишите условия рассеяния Томсона и основные приближения при выводе формулы Томсона для поляризованной волны. От чего зависит полное сечение томсоновского рассеяния?
23. Получите формулу Рэлея для сечения рассеяния на отдельной молекуле. Какие широко известные явления природы объясняет эта формула? Качественно объясните флуктуационный механизм рэлеевского рассеяния в однородной молекулярной среде.
24. Приведите примеры и оценки собственных и индуцированных дипольных моментов простых моделей атомно-молекулярных систем.
25. В чем измеряется поляризуемость молекул и каково ее типичное значение?
26. Чем отличается на опыте поляризация полярных и неполярных диэлектриков.
27. Какими потенциалами описывается взаимодействие между молекулами среды?
28. Чем определяется затухание электромагнитной среде с проводимостью?
29. Куда переходит энергия падающей на такую среду волны?
30. Получите интегральные формы законов Ома и Джоуля-Ленца из дифференциальных.
31. Диа-, пара-, и ферромагнетизм – опишите сходство и различие наблюдаемых свойств и механизмов.
32. Докажите теорему Лармора и оцените диамагнитную восприимчивость.
33. Почему при наличии ненулевого собственного магнитного момента среда, как правило, парамагнитна, хотя теорема Лармора действует всегда?
34. Опишите явление магнитного резонанса и дайте краткий обзор его применений в медицине и биологии (используйте информацию из Интернет).
35. Энергия магнитного и электрического поля в свободной электромагнитной волне в среднем одинакова. Почему в таком случае основную

- роль при распространении в прозрачных диэлектриках играет электрическая компонента?
36. Как откликается среда, содержащая упруго связанные заряды, на внешнее переменное электрическое поле? Какой физический смысл имеет действительная и мнимая часть комплексной восприимчивости среды?
 37. Какие факторы влияют на уширение спектральных линий?
 38. Дайте определение тензоров нелинейной восприимчивости.
 39. В чем состоит приближение медленно меняющихся амплитуд?
 40. Получите укороченные уравнения для комплексных амплитуд связанных волн двух, трех и четырех связанных волн.
 41. Что обеспечивают условия синхронизма и как они записываются?
 42. Приведите примеры применения генерации гармоник в микроскопии и томографии биологических сред.
 43. Сформулируйте основные исходные положения теории рассеяния Ми для сферических частиц.
 44. Сформулируйте результаты теории Ми для проводящих и непроводящих шаров, многослойных шаров.
 45. Каковы особенности рассеяния на цилиндрических структурах, на эллипсоидах.
 46. Какие методы, альтернативные теории Ми, используются для описания рассеяния электромагнитных волн на макроскопических частицах.
 47. Что такое плазмонный резонанс и каковы его применения в биофизике и медицине?

Контрольные вопросы и задания для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Вещество и поле. Фундаментальные взаимодействия.
2. Электромагнитное взаимодействие и его значение в природе, живых системах.
3. Микро- и макрополя в веществе.
4. Уравнения Максвелла для свободных зарядов в вакууме.
5. Классическая модель строения вещества, свободные и связанные заряды, молекулярные токи.
6. Усреднение уравнений микрополя. Векторы поляризации и намагничения среды как средние плотности электрического дипольного и магнитного моментов среды.
7. Феноменологическое определение векторов поляризации и намагничения. Материальные уравнения.

8. Уравнения Максвелла для макрополей в среде. Условия сшивки полей на границе двух сред.
9. Сохранение заряда, уравнение непрерывности.
10. Энергия электромагнитного поля в среде. Сохранение энергии в системе «поле + заряды». Плотность энергии и плотность потока энергии.
11. Импульс и момент импульса электромагнитного поля.
12. Световое давление, пондеромоторные силы. Оптические ловушки и оптические пинцеты.
13. Потенциалы электромагнитного поля. Определение, калибровочная инвариантность, условие калибровки Лоренца.
14. Волновые уравнения, решение для плоской и сферической волны.
15. Запаздывающий потенциал переменного точечного заряда. Запаздывающие потенциалы поля, создаваемого объемным распределением зарядов и токов.
16. Ближнее и дальнее поле излучения. Волновая зона, выражение полей через потенциалы.
17. Мультипольное разложение. Дипольное приближение. Электрический дипольный момент системы зарядов.
18. Угловое распределение и поляризация излучения колеблющегося и вращающегося диполя.
19. Ближняя зона излучения и выражение полей через векторный потенциал в общем случае.
20. Рассеяние электромагнитных волн малыми частицами. Сечение рассеяния.
21. Рассеяние поляризованной волны свободными электронами, формула Томсона. Полное сечение.
22. Молекулярное рассеяние (рассеяние Рэлея), сечение рассеяния, частотная зависимость.
23. Собственный и индуцированный дипольный моменты. Поляризуемость.
24. Поляризация неполярных и полярных диэлектриков.
25. Эффективное поле, поправка Лоренца.
26. Экспериментальное определение дипольного момента и поляризуемости по зависимости молярной поляризации от температуры.
27. Проводники в электрическом поле. Законы Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальной и интегральной форме.
28. Диа-, пара-, и ферромагнетизм.
29. Теорема Лармора и расчет диамагнитной восприимчивости.
30. Ориентационная теория парамагнетизма, парамагнитная восприимчивость.
31. Ферромагнетизм, феноменологическое описание, качественное объяснение квантовой природы.

32. Явление магнитного резонанса и его применение.
33. Модель упруго связанных зарядов. Расчет комплексной восприимчивости и ее связь с коэффициентом поглощения и показателем преломления.
34. Нормальная и аномальная дисперсия и поглощение.
35. Радиационное уширение спектральных линий. Другие факторы уширения.
36. Тензоры восприимчивости и диэлектрической проницаемости.
37. Разложение вектора поляризации по степеням поля. Нелинейные восприимчивости.
38. Генерация второй гармоники (ГВГ). Применение ГВГ в микроскопии и томографии
39. Теория рассеяния Ми для сферических частиц.
40. Рассеяние на цилиндрических структурах, влияние упаковки – ближнего порядка. Рассеяние на эллипсоидах.
41. Рассеяние на проводящих частицах, плазмонный резонанс.

Примерные темы рефератов

1. Электродинамические методы диагностики живых систем
2. Магнитные свойства биотканей
3. Терагерцовое излучение и его применение в биофизике
4. Основные механизмы взаимодействия электромагнитных волн оптического диапазона с биологическими средами
5. Сравнительный анализ феноменологического и статистического подхода к описанию электромагнитного поля в среде
6. Оптические методы манипуляции микрочастицами и клетками
7. Магнитный резонанс и его применение в диагностике биотканей

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
5	15	0	0	30	0	15	40	100

Программа оценивания учебной деятельности студента 5 семестр

Лекции

Посещаемость, ведение конспектов лекций, активность в ходе экспресс-опросов – от 0 до 15 баллов. За хорошо оформленный конспект лекций сту-

дент имеет возможность получить до 5 баллов. За посещаемость студент может получить 10 баллов в случае 90% - 100% посещаемости. Если процент посещаемости ниже, то баллы вычитаются пропорционально.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия

Не предусмотрены.

Самостоятельная работа

Выполнение домашних заданий, работа с дополнительной учебной литературой – от 0 до 30 баллов. Студент может получить 30 баллов за самостоятельную работу, если им были выполнены все домашние задания для самостоятельной работы.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности

Презентация (реферат) – от 0 до 15 баллов. Темы для презентаций выбираются из представленного выше списка. Максимальные баллы за реферат (презентацию) ставятся студенту в том случае, если тема полностью раскрыта, форма представления соответствует принятым нормам, студент хорошо владеет материалом и правильно отвечает на вопросы по содержанию.

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в форме устного зачета с оценкой. Студенты получают билеты, которые содержат 2 теоретических вопроса из разных разделов.

При проведении промежуточной аттестации
ответ на «отлично» оценивается от 31 до 40 баллов;
ответ на «хорошо» оценивается от 21 до 30 баллов;
ответ на «удовлетворительно» оценивается от 10 до 20 баллов;
ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 9 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 5 семестр по дисциплине «Электродинамика биологических сред» составляет 100 баллов.

Таблица 2.2. Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Электродинамика биологических сред» в оценку (дифференцированный зачет).

85-100 баллов	«отлично»
71 - 84 баллов	«хорошо»
51 – 70 баллов	«удовлетворительно»
50 баллов и менее	«неудовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Электродинамика биологически сред».

а) литература:

1. Батыгин В. В., Топтыгин И. Н. Современная электродинамика: учеб. пособие в 2 ч. Ч. 1 : Микроскопическая теория - Москва; Ижевск: Ин-т компьютер. исслед. [изд.], 2003. - 2-е изд., испр. - Москва; Ижевск: Ин-т компьютер. исслед.: Регуляр. и хаот. динамика, 2005.
2. Топтыгин И. Н. Современная электродинамика : учеб. пособие. Ч. 2 : Теория электромагнитных явлений в веществе - Москва ; Ижевск : Ин-т компьютер. исслед. : Регуляр. и хаот. динамика, 2005.
3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика; Т. 2. Теория поля. - 8-е изд., стер. - Москва: Физматлит, 2006.
4. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика; Т. 8. Электродинамика сплошных сред. - 4-е изд., стер. - Москва : Физматлит, 2005..
5. Бредов М. М., Румянцев В. В., Топтыгин И. Н. Классическая электродинамика: учеб. пособие - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2003.
6. Батыгин В. В., Топтыгин И. Н. Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности: учеб. пособие/. - 4-е изд., перераб. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2010.



б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Большая научная библиотека. <http://sci-lib.com/>
2. Научная электронная библиотека. <http://www.elibrary.ru/>
3. Библиотека СГУ. <http://library.sgu.ru/>
4. Интернет-ресурс: «Мир математических уравнений». <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm>
5. Сайт «Видеолекции и открытые образовательные материалы Физтеха». <http://lectoriy.mipt.ru/>
6. Электродинамика. Учебно-методическое пособие / Сост. Н.А. Воронович, М.А. Осипенко, Р.М. Подгаец. – Перм. гос. техн. ун-т., Пермь. 2006, 138 с. <https://pstu.ru/files/file/gnf/termeh.pdf>
7. Жилин П. А. Электродинамика: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. 146 с. https://www.ipme.ru/ipme/labs/dms/prive/ivanova/Home_page_Elena_Ivanova/PDF/Zhilin_TeorMech_Book.pdf

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Электродинамика»

Учебная и литература, компьютерные демонстрационные программы, электронные лекции (презентации).

Учебные аудитории 8-го учебного корпуса. Помещения соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности и охраны труда при проведении учебных, научно-исследовательских и научно-производственных работ.

Персональные ЭВМ, объединенные в локальную сеть и с выходом в Интернет.

Мультимедиапроектор, интерактивная доска

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 "Физика", профиль "Физика живых систем".

Автор: д.ф.-м.н., профессор В.Л. Дербов

Программа составлена в 2021 г. и одобрена на заседании кафедры теоретической физики от 04.10.2021 года, протокол № 2.

Программа актуализирована в 2022 г. и одобрена на заседании кафедры теоретической физики от 08.09.2022 года, протокол № 4.