МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И ИННОВАЦИЙ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

МОО ВО Кыргызско-Российский Славянский университет
имени первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина

УТВЕРЖДАЮ
Директор АО им. Л.С. Выготского
Баудинова Н.А.
1 октября 2026 г.

МОДУЛЬ "ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА"
Электродинамика и специальная теория относительности

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Высшая школа психологии и педагогики**

Учебный план b440301_24_3 ПО Физика.plx
Квалификация бакалавр
Форма обучения очная
Направление 44.03.01 – РФ, 550200 - КР Педагогическое образование
профиль «Физика» (в билингвальной образовательной среде)

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**
Часов по учебному плану 144
в том числе:
аудиторные занятия 56
самостоятельная работа 87,6

Виды контроля в семестрах:
зачет с оценкой 6
зачет 5

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		6 (3.2)		Итого	
Недель	17 2/6		18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП	УП	РП
Лекции	14	14	14	14	28	28
Практические	14	14	14	14	28	28
Контактная работа в период теоретического обучения	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4
В том числе инт.	4	4	4	4	8	8
В том числе в форме практ.подготовки	2	2	2	2	4	4
Итого ауд.	28	28	28	28	56	56
Контактная работа	28,2	28,2	28,2	28,2	56,4	56,4
Сам. работа	43,8	43,8	43,8	43,8	87,6	87,6
Итого	72	72	72	72	144	144

Программу составил(и):

_____

Рецензент(ы):

_____

Согласовано РОП:

_____

Рабочая программа дисциплины

Электродинамика и специальная теория относительности

разработана в соответствии с ФГОС 3++:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 44.03.01 Педагогическое образование (приказ Минобрнауки России от 22.02.2018 г. № 121)

составлена на основании учебного плана:

Направление 44.03.01 – РФ, 550200 - КР Педагогическое образование
профиль «Физика» (в билингвальной образовательной среде)
утвержденного учёным советом вуза от 26.06.2026 протокол № 11.

Рабочая программа одобрена на заседании _____

Протокол от 18.09.2025 г. № 2
Срок действия программы: 2025-2029 уч.г.
Руководитель подразделения:Баудинова Наргиз Акбаровна

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ
к рабочей программе дисциплины (модуля)

Электродинамика и специальная теория относительности

наименование дисциплины

№ п/п	Основание внесения изменения	Раздел/ пункт	Содержание изменения
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1	Целями освоения дисциплины «Электродинамика и теория относительности» являются:
1.2	− ознакомление с основными физическими законами, процессами и явлениями;
1.3	− формирование знаний, умений и владений, необходимых для понимания основ физических процессов и явлений, используемых в профессиональной области;
1.4	− обеспечение условий для активизации познавательной деятельности студентов;
1.5	− стимулирование самостоятельной работы по освоению содержания дисциплины и формированию необходимых компетенций.
1.6	– развитие абстрактного мышления, пространственных представлений, вычислительной, алгоритмической культур и общей математической культуры.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ООП:	Б1.В.02
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Теория вероятности и математическая статистика
2.1.2	Теоретическая механика
2.1.3	Технологическая (проектно-технологическая) практика 1
2.1.4	Технологическая (проектно-технологическая) практика 2
2.1.5	Математический анализ
2.1.6	Молекулярная физика
2.1.7	Механика
2.1.8	Теория поля
2.1.9	Электричество и магнетизм
2.1.10	Практика по профилю подготовки
2.1.11	Основы математической обработки информации
2.2	**Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Преддипломная практика
2.2.2	Основы нанотехнологий
2.2.3	Физический демонстрационный эксперимент
2.2.4	Методика организации астрономических наблюдений
2.2.5	Подготовка к единому государственному экзамену по физике в школе
2.2.6	Физические основы твердотельной электроники

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ПК-1: Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения, и навыки в предметной области при решении профессиональных задач	
Знать:	
Уровень 1	Основные понятия, законы и уравнения классической электродинамики (уравнения Максвелла, законы сохранения, потенциалы); фундаментальные положения СТО (постулаты, преобразования Лоренца, инварианты); основы электродинамики сред.
Уровень 2	Методы электродинамических исследований; физический смысл тензора электромагнитного поля; принципы ковариантной записи уравнений; основы электродинамики сред (дисперсия, скин-эффект, волны в средах).
Уровень 3	Современные подходы к ковариантной электродинамике; принцип наименьшего действия; физику излучения и рассеяния; основы МГД и физики плазмы; взаимосвязь разделов теоретической физики.
Уметь:	
Уровень 1	Применять базовые формулы электродинамики при решении типовых задач; использовать знания при изучении смежных разделов физики.
Уровень 2	Самостоятельно решать задачи среднего уровня по всем четырём разделам; интерпретировать физический смысл результатов; выявлять связи между разделами курса.
Уровень 3	Решать нестандартные задачи, опираясь на фундаментальные принципы; критически анализировать результаты; применять методы электродинамики в методической и исследовательской деятельности.
Владеть:	
Уровень 1	Навыками выполнения стандартных вычислений по заданному алгоритму; умением работать с физическими величинами и единицами измерения в области электромагнетизма.

Уровень 2	Навыками анализа задач и составления расчётных схем; умением обосновывать выбор метода решения; опытом представления результатов в различных форматах.
Уровень 3	Навыками самостоятельного освоения новых разделов электродинамики; умением применять знания в учебно-методической деятельности учителя физики.

ПК-2: Способен осуществлять целенаправленную воспитательную деятельность	
Знать:	
Уровень 1	Роль физики в формировании научного мировоззрения; историю открытий электродинамики (Максвелл, Фарадей, Лоренц) и СТО (Эйнштейн); значение этих открытий для цивилизации.
Уровень 2	Психолого-педагогические основы формирования познавательного интереса к физике; воспитательный потенциал содержания курса электродинамики.
Уровень 3	Современные концепции воспитания в образовательном процессе; методы формирования научного мировоззрения и критического мышления средствами курса физики.
Уметь:	
Уровень 1	Использовать примеры из истории физики для воспитания ценностного отношения к науке и познанию на учебных занятиях.
Уровень 2	Организовывать обсуждение мировоззренческих и нравственных аспектов физических открытий; формировать ответственное отношение к научному знанию.
Уровень 3	Целенаправленно проектировать воспитательный потенциал занятий по электродинамике; создавать ситуации, развивающие гражданскую позицию и ответственность.
Владеть:	
Уровень 1	Приёмами включения воспитательного контекста в содержание учебного материала по электродинамике.
Уровень 2	Опытом проведения занятий с воспитательной составляющей: обсуждение роли физики в технологиях, этики науки, вклада учёных в развитие знания.
Уровень 3	Широким спектром воспитательных технологий, реализуемых в рамках преподавания физики; умением отслеживать и оценивать воспитательный результат.

ПК-3: Способен формировать развивающую образовательную среду для достижения личностных, предметных и метапредметных результатов обучения средствами преподаваемых учебных предметов	
Знать:	
Уровень 1	Требования ФГОС к предметным, метапредметным и личностным результатам обучения физике; место раздела «Электродинамика» в школьном курсе физики; структуру и содержание дисциплины.
Уровень 2	Методику преподавания раздела «Электромагнетизм» и элементов СТО в школе; принципы создания развивающей образовательной среды; критерии достижения предметных и метапредметных результатов.
Уровень 3	Современные образовательные технологии (проблемное обучение, STEM, исследовательский метод, цифровые симуляции), применимые при изучении электродинамики; методы педагогического мониторинга.
Уметь:	
Уровень 1	Конструировать задания разного уровня сложности по темам электродинамики; отбирать учебный материал с учётом возрастных особенностей обучающихся.
Уровень 2	Разрабатывать систему заданий, обеспечивающих предметные и метапредметные результаты; организовывать активную познавательную деятельность при изучении электромагнитных явлений.
Уровень 3	Проектировать целостную развивающую среду по разделу «Электродинамика»; управлять познавательной деятельностью класса; интегрировать цифровые ресурсы и интерактивные модели.
Владеть:	
Уровень 1	Базовыми умениями разработки технологической карты урока по темам электродинамики и СТО.
Уровень 2	Практическими навыками организации познавательной деятельности обучающихся; умением подбирать наглядные и цифровые средства для объяснения электромагнитных явлений.
Уровень 3	Широким арсеналом методических приёмов формирования личностных, предметных и метапредметных результатов; умением проводить педагогический мониторинг и корректировать образовательный процесс.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	**Знать:**
3.1.1	фундаментальные законы электродинамики и их физический смысл;
3.1.2	уравнения Максвелла и их роль в формировании современной физической картины мира;
3.1.3	свойства электромагнитного поля, электромагнитных волн и их взаимодействие с веществом;
3.1.4	основные положения специальной теории относительности и причины её возникновения;
3.1.5	релятивистские эффекты и их экспериментальные подтверждения;
3.1.6	методологические и мировоззренческие аспекты электродинамики и СТО в школьном курсе физики.
3.2	**Уметь:**

3.2.1	применять основные законы электродинамики и СТО при решении учебных и прикладных задач;
3.2.2	объяснять физический смысл электродинамических и релятивистских явлений доступным для обучающихся языком;
3.2.3	анализировать физические ситуации с точки зрения классической и релятивистской физики;
3.2.4	использовать математический аппарат для описания электромагнитных процессов на уровне, необходимом для преподавания физики;
3.2.5	отбирать и адаптировать учебный материал по электродинамике и СТО для школьного курса физики.
3.3	**Владеть:**
3.3.1	решения задач по электродинамике и специальной теории относительности различного уровня сложности;
3.3.2	применения физических моделей при объяснении электромагнитных и релятивистских явлений;
3.3.3	анализа и интерпретации результатов физических экспериментов и демонстраций;
3.3.4	методического анализа содержания тем по электродинамике и СТО в школьном курсе физики;
3.3.5	использования полученных знаний при проектировании и проведении учебных занятий по физике.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетен-ции	Литература	Инте ракт.	Пр. подг.	Примечание
	Раздел 1. РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ КЛАССИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ							
1.1	1.1. Введение. Плотности заряда и тока. Сила Лоренца. Напряжённости поля. Скалярные и векторные уравнения Максвелла. Принцип суперпозиции. Граничные условия. 1.2. Законы сохранения заряда, энергии и импульса электромагнитного поля. Уравнение непрерывности. Вектор Пойнтинга. Тензор натяжений. /Лек/	5	2	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3	2		Проблемная лекция, интерактивная лекция
1.2	1.1. Математический аппарат. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Законы сохранения. Решение задач. 1.2. Электромагнитные потенциалы. Калибровки. Поле точечного заряда. Задачи на запаздывающие потенциалы. /Пр/	5	2	ПК-1 ПК-2 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3	2		Практикум, работа в группах
1.3	1.3. Электромагнитные потенциалы. Калибровочная инвариантность. Уравнения Пуассона и Даламбера. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара–Вихерта. Поле точечного заряда. 1.4. Стационарные поля. Уравнения электростатики и магнитостатики. Закон Кулона. Законы Био–Савара и Ампера. Мультипольное разложение. Электрические и магнитные моменты. Энергия системы зарядов. /Лек/	5	2	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			Активное обучение, лекция-беседа

1.4	1.3. Электростатика. Мультипольное разложение. Расчёт дипольного и квадрупольного моментов. Энергия системы зарядов. Задачи. 1.4. Магнитостатика. Закон Ампера. Магнитные моменты. Задачи по стационарным полям. /Пр/	5	2	ПК-1 ПК-2 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			Коллоквиум, работа в группах
1.5	1.5. Излучение электромагнитных волн. Волновые уравнения. Плоские и сферические волны. Монохроматические волны. Дипольное излучение. Реакция излучения. Формула Лармора. 1.6. Рассеяние электромагнитных волн. Сечение рассеяния. Рассеяние гармоническим осциллятором и системой осцилляторов. Радиационное трение. Квадрупольное излучение. 1.7. Излучение гармонического осциллятора. Дипольное приближение для системы зарядов. Связь с квантовыми задачами. Практические приложения. /Лек/	5	3	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			Лекция-дискуссия, проблемная лекция
1.6	1.5. Дипольное излучение и рассеяние волн. Формула Лармора. Расчётные задачи. 1.6. Комплексные задачи по разделу 1. Разбор типовых экзаменационных задач. 1.7. Коллоквиум по разделу 1. Письменный опрос и задачи. Разбор ошибок. /Пр/	5	3	ПК-1 ПК-2 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			Коллоквиум, круглый стол, мозговой штурм
1.7	Систематическая проработка теоретического материала раздела 1 по конспектам и учебникам; составление опорных схем по уравнениям Максвелла, законам сохранения, мультипольному разложению; решение задач по всем темам раздела (сборники Батыгина–Топтыгина, Алексеева, Крамма); подготовка к коллоквиуму и экзамену за 5-й семестр. /Ср/	5	21,8	ПК-1 ПК-2 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			
1.8	/КрТО/	5	0,2					
	Раздел 2. РАЗДЕЛ 2. СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ							

2.1	2.1. Принцип относительности Эйнштейна. Постулаты СТО. Опыт Майкельсона. Преобразования Лоренца. Следствия: относительность одновременности, сокращение длин, замедление времени. Релятивистский закон сложения скоростей. 2.2. Четырёхмерный мир Минковского. События, мировые линии, интервалы. Классификация интервалов. Собственное время. Причинно-следственные связи. Четырёхмерные тензоры и дифференциальные операции. /Лек/	5	2	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			Проблемная лекция, активное обучение
2.2	2.1. Преобразования Лоренца. Кинематические эффекты СТО. Задачи на одновременность, сокращение длин, замедление времени. 2.2. Четырёхмерный мир. Интервалы. Собственное время. Работа с 4-векторами. Задачи. /Пр/	5	2	ПК-1 ПК-2 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3		2	Практикум
2.3	2.3. 4-скорость и 4-ускорение. 4-импульс частицы. Релятивистское обобщение II закона Ньютона. Энергия покоя $E=mc^2$. Закон сохранения энергии-импульса. 2.4. Ковариантная форма уравнений электродинамики. Тензор электромагнитного поля. Преобразования напряжённостей поля. Инварианты поля. /Лек/	5	2	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			Лекция-беседа
2.4	2.3. Релятивистская динамика. Энергия, импульс, масса. Законы сохранения. Задачи на столкновения и распады частиц. 2.4. Ковариантная электродинамика. Тензор поля. Преобразования напряжённостей. Инварианты. Задачи. /Пр/	5	2	ПК-1 ПК-2 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			Работа в группах

2.5	2.5. Принцип наименьшего действия в электродинамике. 4-потенциал. 4-ток. Ковариантность уравнений Максвелла. Уравнения движения заряженной частицы в поле. 2.6. Поле равномерно движущегося заряда (релятивистский случай). 4-волновой вектор. Эффект Доплера. Аберрация света. 2.7. Применение СТО в физике частиц. Пороговые реакции. Распады частиц. Лабораторная система и система центра масс. /Лек/	5	3	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			Лекция с элементами дискуссии
2.6	2.5. Поле движущегося заряда. Эффект Доплера. Аберрация. Расчётные задачи. 2.6. Комплексные задачи по СТО и релятивистской электродинамике. Типовые задачи экзамена. 2.7. Коллоквиум по разделу 2. Письменный опрос и задачи. Итоговое тестирование за 5-й семестр. /Пр/	5	3	ПК-1 ПК-2 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			Работа в парах, коллоквиум
2.7	Проработка теоретического материала раздела 2; составление сводных таблиц 4-векторов, ковариантных уравнений и инвариантов; решение задач по СТО (кинематика, динамика, ковариантная электродинамика); подготовка к коллоквиуму и экзамену по семестру 5. /Ср/	5	22	ПК-1 ПК-2 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			
	Раздел 3. РАЗДЕЛ 3. УРАВНЕНИЯ МАКСВЕЛЛА И ЭЛЕКТРОДИНАМИКА СПЛОШНЫХ СРЕД							
3.1	3.1. Осреднение микроскопических уравнений Максвелла. Поляризация и намагничение вещества. Обобщённый вектор электрической индукции. Граничные условия на интерфейсах. 3.2. Среды без дисперсии и с дисперсией. Простейшие материальные уравнения. Закон сохранения энергии в среде. Тензор комплексной диэлектрической проницаемости. Формулы Крамерса–Кронига. /Лек/	6	2	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			Проблемная лекция

3.2	3.1. Уравнения Максвелла в среде. Граничные условия. Материальные уравнения. Задачи на диэлектрики и магнетики. 3.2. Электростатика в диэлектрике. Метод изображений. Расчёт ёмкостей. Силы в электростатике. Задачи. /Пр/	6	2	ПК-1 ПК-2 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3	2		Работа в парах
3.3	3.3. Стационарные поля в диэлектриках. Уравнения электростатики. Методы решения задач: метод изображений, разделение переменных. Ёмкостные коэффициенты. Силы на проводники и диэлектрики. 3.4. Постоянный ток в проводящей среде. Закон Ома. Магнитное поле постоянных токов. Диа- и парамагнетизм. Ферромагнетизм. Энергия магнитного поля. Индуктивные коэффициенты. /Лек/	6	2	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			Лекция с элементами дискуссии, лекция с элементами беседы
3.4	3.3. Постоянный ток и магнитное поле в среде. Расчёт индуктивностей. Магнетики. Задачи. 3.4. Квазистационарные поля. Скин-эффект. Расчёт характеристик квазистационарных цепей. Задачи. /Пр/	6	2	ПК-1 ПК-2 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			Круглый стол
3.5	3.5. Квазистационарные поля. Условия квазистационарности. Закон индукции в движущихся проводниках. Скин-эффект. Квазистационарный ток в линейных проводниках. 3.6. Плоские электромагнитные волны в однородных изотропных средах. Показатель преломления. Поглощение. Дисперсия света. Среды с дисперсией: групповая и фазовая скорости. 3.7. Отражение и преломление электромагнитных волн. Формулы Френеля. Полное внутреннее отражение. Волноводы: основные принципы и типы волн. /Лек/	6	3	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			Активное обучение

3.6	3.5. Электромагнитные волны в средах. Формулы Френеля. Расчёт коэффициентов отражения и пропускания. Задачи. 3.6. Комплексные задачи по разделу 3. Разбор типовых задач экзамена. Подготовка к коллоквиуму. 3.7. Коллоквиум по разделу 3. Письменный опрос и задачи. Разбор результатов. /Пр/	6	3	ПК-1 ПК-2 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			Мозговой штурм, коллоквиум
3.7	Проработка теоретического материала раздела 3 (уравнения Максвелла в среде, стационарные и квазистационарные поля, электромагнитные волны в средах); решение задач по методу изображений, скин-эффекту, формулам Френеля; составление опорного конспекта; подготовка к коллоквиуму. /Ср/	6	21,8	ПК-1 ПК-2 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			
3.8	/КрТО/	6	0,2					
	Раздел 4. РАЗДЕЛ 4. ИЗЛУЧЕНИЕ В СРЕДАХ. УГЛУБЛЁННЫЕ РАЗДЕЛЫ МАКРОСКОПИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ							
4.1	4.1. Излучение электромагнитных волн локализованным источником в среде. Дипольное и мультипольное приближения. Характеристики излучающих систем в среде. 4.2. Излучение Вавилова–Черенкова. Условие возникновения. Угол черенковского конуса. Спектральные и угловые характеристики. Практические применения. /Лек/	6	2	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3	2		Проблемная лекция, интерактивная лекция
4.2	4.1. Черенковское излучение. Расчёт угла и спектральных характеристик. Задачи на излучение в средах. 4.2. Дифракция. Принцип Гюйгенса–Френеля. Задачи на дифракцию Фраунгофера. /Пр/	6	2	ПК-1 ПК-2 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			Активное обучение

4.3	4.3. Предел геометрической оптики. Уравнение Гамильтона–Якоби для волнового поля. Принцип Гюйгенса–Френеля. Дифракция Фраунгофера и Френеля. 4.4. Основы магнитной гидродинамики. Уравнения МГД. Магнитное замораживание. МГД-волны. Применения в астрофизике и технике. /Лек/	6	2	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			Лекция-беседа
4.4	4.3. Физика плазмы. Расчёт диэлектрической проницаемости. Условия распространения волн. Задачи. 4.4. Комплексные задачи по разделу 4. Задачи на излучение, дифракцию, волны в плазме. /Пр/	6	2	ПК-1 ПК-2 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			Практикум
4.5	4.5. Основы физики плазмы. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Плазменные колебания. Дебаевский радиус. Распространение волн в плазме. 4.6. Флуктуационно-диссипативная теорема. Тепловое излучение. Элементы теории сверхпроводимости: эффект Мейснера, уравнения Лондонов. Тензор энергии-импульса в веществе. /Лек/	6	3	ПК-1 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			Лекция-дискуссия
4.6	4.5. Итоговое занятие по разделам 3–4. Решение задач по всему курсу. Подготовка к экзамену. 4.6. Коллоквиум по разделу 4. Письменный опрос и задачи. /Пр/	6	3	ПК-1 ПК-2 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3		2	Коллоквиум, работа в группах, мозговой штурм
4.7	Проработка теоретического материала раздела 4 (излучение в средах, дифракция, МГД, физика плазмы, сверхпроводимость); решение задач по всем темам раздела; комплексная подготовка к промежуточной аттестации (экзамен по семестру 6) — систематическое повторение всего курса, составление итоговых конспектов по разделам 1–4. /Ср/	6	22	ПК-1 ПК-2 ПК-3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Контрольные вопросы и задания

Вопросы для устного опроса

Раздел 1. Основы классической электродинамики (семестр 5)

1. Дать определение и физический смысл плотности заряда и плотности тока. Написать уравнение непрерывности.

2. Сформулировать систему уравнений Максвелла в дифференциальной форме. Раскрыть физический смысл каждого уравнения.
3. Записать систему уравнений Максвелла в интегральной форме. Показать связь с дифференциальной формой.
4. Что такое ток смещения? Почему Максвелл ввёл этот член в уравнение для ротора магнитного поля?
5. Сформулировать граничные условия для нормальных и тангенциальных компонент E и B на границе раздела двух сред.
6. Вывести уравнение сохранения энергии в электромагнитном поле. Что такое вектор Пойнтинга?
7. Вывести уравнение сохранения импульса электромагнитного поля. Записать тензор натяжений Максвелла.
8. Ввести понятие электромагнитных потенциалов φ и A. Записать уравнения Максвелла через потенциалы.
9. Что такое калибровочная инвариантность? Описать калибровки Лоренца и Кулона.
10. Вывести волновые уравнения (уравнения Даламбера) для потенциалов в калибровке Лоренца.
11. Что такое запаздывающие потенциалы? Записать их явный вид и объяснить физический смысл.
12. Записать потенциалы Лиенара–Вихерта для точечного заряда, движущегося произвольно. Обсудить физический смысл.
13. Записать поле (E, B) точечного заряда, движущегося с произвольной скоростью (через потенциалы Лиенара–Вихерта).
14. Вывести закон Кулона из уравнений электростатики. Записать поле системы точечных зарядов.
15. Что такое мультипольное разложение? Дать определения дипольного и квадрупольного моментов системы зарядов.
16. Вывести выражение для дипольного потенциала и поля. Описать поле электрического диполя.
17. Записать собственную энергию системы зарядов. Что такое энергия взаимодействия двух зарядовых распределений?
18. Сформулировать законы Био–Савара и Ампера. Вывести из них дифференциальную форму уравнений магнитостатики.
19. Что такое магнитный момент системы токов? Записать поле магнитного диполя.
20. Вывести волновое уравнение для электромагнитного поля в вакууме. Найти решение в виде плоской волны.
21. Что такое монохроматическая электромагнитная волна? Описать её поляризацию.
22. Вывести формулу мощности дипольного излучения (формула Лармора в нерелятивистском случае). Описать диаграмму направленности.
23. Что такое реакция излучения? Вывести силу радиационного трения.
24. Что такое сечение рассеяния? Вывести формулу Томсона для рассеяния на свободном электроне.
25. Объяснить квадрупольное излучение. Чем оно отличается от дипольного?

Раздел 2. Специальная теория относительности (семестр 5)

1. Сформулировать постулаты специальной теории относительности. Каков был исторический контекст их появления (опыт Майкельсона)?
2. Вывести преобразования Лоренца. Сравнить с преобразованиями Галилея.
3. Объяснить релятивистский эффект сокращения продольных размеров. Привести пример.
4. Объяснить релятивистское замедление времени. Что такое парадокс близнецов?
5. Что такое одновременность событий в СТО? Чем она отличается от классической механики?
6. Вывести формулу релятивистского сложения скоростей. Показать, что скорость света является предельной.
7. Что такое пространство Минковского? Ввести понятие мировой линии и четырёхмерного интервала.
8. Классифицировать интервалы (времениподобный, пространственноподобный, изотропный). Описать причинно-следственные связи.
9. Что такое собственное время? Как оно связано с координатным временем?
10. Ввести четырёхмерные векторы (4-векторы). Как преобразуются контравариантные и ковариантные компоненты?
11. Что такое 4-скорость и 4-ускорение? Записать их явный вид.
12. Ввести 4-импульс частицы. Как записывается релятивистски ковариантный второй закон Ньютона?
13. Что такое энергия покоя? Вывести соотношение $E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2$.
14. Сформулировать закон сохранения 4-импульса. Применить к задаче о пороговой реакции.
15. Что такое тензор электромагнитного поля $F_{\mu\nu}$? Как он строится из 4-потенциала?
16. Как выглядят уравнения Максвелла в ковариантной форме через тензор $F_{\mu\nu}$?
17. Как преобразуются компоненты E и B при переходе от одной ИСО к другой?
18. Что такое инварианты электромагнитного поля? Записать и объяснить физический смысл двух инвариантов.
19. Записать принцип наименьшего действия для заряженной частицы в электромагнитном поле. Вывести уравнения движения.
20. Что такое 4-ток? Как записывается уравнение непрерывности в ковариантной форме?
21. Вывести поле равномерно движущегося заряда, используя преобразования тензора поля.
22. Что такое четырёхмерный волновой вектор? Записать ковариантную форму монохроматической волны.
23. Вывести формулу эффекта Доплера в СТО. Сравнить с классическим Доплером.
24. Что такое аберрация света? Вывести формулу угла аберрации.
25. Описать кинематику задачи о пороговой реакции. Что такое «лабораторная система» и «система центра масс»?

Раздел 3. Электродинамика сплошных сред (семестр 6)

1. Как получаются макроскопические уравнения Максвелла из микроскопических? Описать процедуру осреднения.
2. Что такое поляризация диэлектрика? Ввести вектор поляризации P и вектор электрической индукции D.
3. Что такое намагничивание вещества? Ввести вектор намагниченности M и напряжённость магнитного поля H.
4. Записать материальные уравнения для изотропной линейной среды. Что такое диэлектрическая и магнитная проницаемости?
5. Каков вид граничных условий для D, E, B, H на границе раздела двух сред?
6. Что такое дисперсия электромагнитного поля? Ввести тензор комплексной диэлектрической проницаемости.
7. Сформулировать и объяснить физический смысл формул Крамерса–Кронига.
8. Записать уравнения электростатики в диэлектрике. В чём отличие от случая вакуума?
9. Объяснить метод изображений на примере заряда над проводящей плоскостью.
10. Что такое ёмкостные коэффициенты системы проводников? Записать связь между зарядами и потенциалами.
11. Как вычислить силы, действующие на проводники и диэлектрики в электрическом поле?

12. Сформулировать закон Ома в проводящей среде. Записать уравнения для постоянного тока.
13. Как выглядит магнитное поле постоянных токов в магнетике? Что такое граничные условия для H?
14. Объяснить диамагнетизм и парамагнетизм на основе молекулярных моделей.
15. Что такое ферромагнетизм? Описать петлю гистерезиса.
16. Записать уравнение для энергии магнитного поля системы токов. Что такое индуктивные коэффициенты?
17. Каковы условия квазистационарности? Записать уравнения Максвелла для квазистационарного случая.
18. Вывести уравнение для скин-эффекта. Что такое глубина скин-слоя? От чего она зависит?
19. Записать уравнения Максвелла для квазистационарного поля в интегральной форме. Применить к линейному проводнику.
20. Вывести волновое уравнение для плоской монохроматической волны в однородной изотропной среде.
21. Что такое показатель преломления и коэффициент поглощения? Как они связаны с диэлектрической проницаемостью?
22. Что такое групповая и фазовая скорости? В каком соотношении они находятся при нормальной и аномальной дисперсии?
23. Вывести формулы Френеля для коэффициентов отражения и пропускания на плоской границе раздела.
24. Что такое полное внутреннее отражение? При каких условиях оно возникает?
25. Описать основные типы волн в прямолинейном волноводе. Что такое критическая частота?

Раздел 4. Излучение в средах. Углублённые разделы (семестр 6)

1. Как описывается излучение локализованного источника в среде? Как меняются формулы дипольного излучения?
2. Что такое излучение Вавилова–Черенкова? Записать условие его возникновения $\beta > 1/n$.
3. Вывести выражение для угла черенковского конуса. От чего он зависит?
4. Описать спектральные характеристики черенковского излучения. Как оно используется на практике?
5. В чём состоит предел геометрической оптики? Каков критерий применимости лучевого приближения?
6. Сформулировать принцип Гюйгенса–Френеля. Как из него получаются уравнения геометрической оптики?
7. Описать дифракцию Фраунгофера от одной щели. Записать условие минимумов.
8. Описать дифракцию Френеля. Чем она отличается от дифракции Фраунгофера?
9. Записать основные уравнения магнитной гидродинамики (МГД). Что такое магнитное замораживание?
10. Что такое МГД-волны (альвеновские и магнитозвуковые)? Записать скорость альвеновских волн.
11. Вывести диэлектрическую проницаемость плазмы. При каких частотах плазма прозрачна?
12. Что такое плазменная частота? Как она связана с концентрацией электронов?
13. Описать распространение электромагнитных волн в намагниченной плазме. Что такое эффект Фарадея?
14. Сформулировать флуктуационно-диссипативную теорему. Как она связывает флуктуации и поглощение?
15. Объяснить связь теплового излучения с электромагнитными флуктуациями.
16. Что такое эффект Мейснера в сверхпроводниках? Как он объясняется уравнениями Лондонов?
17. Записать уравнения Лондонов. Что такое лондоновская глубина проникновения?
18. Записать тензор энергии-импульса электромагнитного поля в среде. В чём состоит формула Минковского и Абрагама?
19. Что такое давление электромагнитного излучения? Как оно связано с тензором натяжений?
20. Обсудить связь классической электродинамики с квантовой. Какие явления требуют квантового описания?

Контрольные вопросы (для коллоквиумов и письменных работ)

Раздел 1. Основы классической электродинамики

1. Запишите все четыре уравнения Максвелла в дифференциальной форме и укажите физический закон, лежащий в основе каждого.
2. Какой физический смысл имеет дивергенция вектора Пойнтинга? Запишите локальный закон сохранения энергии.
3. Чем отличается запаздывающий потенциал от мгновенного кулоновского взаимодействия?
4. При каком условии поле точечного заряда совпадает с кулоновским? Что происходит при ускорении заряда?
5. Запишите условия применимости мультипольного разложения. Когда дипольное приближение недостаточно?
6. Почему дипольное излучение отсутствует для системы с равными зарядами одного знака?
7. Как направлена диаграмма направленности дипольного излучателя? Куда излучение максимально, а куда равно нулю?
8. В чём физический смысл сечения рассеяния Томсона? Зависит ли оно от частоты?
9. Запишите граничные условия для электромагнитного поля. Какое из них связано с отсутствием магнитных монополей?
10. Как связаны потенциалы Лиенара–Вихерта с полями E и B?

Раздел 2. Специальная теория относительности

1. Запишите преобразования Лоренца для координат и времени. Что происходит при $v \to 0$?
2. Какой знак имеет интервал для причинно связанных событий? Как это следует из принципа причинности?
3. Запишите четырёхмерный аналог уравнения непрерывности. Что является 4-током?
4. Как из тензора $F_{\mu\nu}$ получить компоненты E и B?
5. Запишите два инварианта электромагнитного поля. Что можно сказать о поле, для которого оба инварианта равны нулю?
6. Каков физический смысл уравнений Максвелла в форме $\partial_\nu F^{\mu\nu} = (4\pi/c) j^\mu$?
7. Почему закон сохранения заряда является следствием калибровочной инвариантности (теорема Нётер)?
8. Запишите формулу для порогового инварианта массы реакции a + b → products. Как найти пороговую энергию?
9. Что такое собственная масса частицы? Сохраняется ли она при неупругих столкновениях?
10. Как формулы преобразования E и B связаны с тем, что E и B — не 4-векторы, а компоненты тензора?

Раздел 3. Электродинамика сплошных сред

1. Запишите уравнения Максвелла в среде через D, H. В чём их отличие от микроскопических?
2. Каков физический смысл мнимой части диэлектрической проницаемости ε''?
3. Почему для реальных сред выполняются формулы Крамерса–Кронига? Каков их физический смысл?
4. Запишите граничные условия для D_n и H_τ на границе с поверхностным током.
5. В чём суть метода изображений? Применим ли он для произвольной формы проводника?

6. Запишите условие скин-эффекта. При каких частотах для меди он существенен?
7. Чем групповая скорость отличается от фазовой? Какая из них описывает перенос энергии?
8. Запишите формулу Френеля для коэффициента отражения при нормальном падении. Что происходит при $n_1 = n_2$?
9. При каком угле падения коэффициент отражения для p-поляризации равен нулю? Что это за угол?
10. Запишите дисперсионное соотношение для волновода прямоугольного сечения.

Раздел 4. Излучение в средах. Углублённые разделы

1. Запишите условие черенковского излучения. Каков физический аналог в акустике?
2. Почему черенковское излучение имеет непрерывный спектр, а не монохроматическое?
3. Что такое критическая частота плазмы? Что происходит с волной при $\omega < \omega_p$?
4. Запишите скорость альвеновских волн. От каких параметров плазмы она зависит?
5. В чём суть флуктуационно-диссипативной теоремы применительно к излучению?
6. Запишите первое уравнение Лондона. Что из него следует для постоянного тока в сверхпроводнике?
7. Что такое лондоновская глубина проникновения и что она описывает физически?
8. Запишите давление электромагнитной волны на поверхность. Как оно связано с вектором Пойнтинга?
9. В чём разница между формулами Минковского и Абрагама для тензора энергии-импульса в среде?
10. Назовите два явления, для объяснения которых недостаточно классической электродинамики.

ПРИМЕРНЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Тестирование проводится по итогам каждого семестра и охватывает все разделы соответствующего периода. Ниже приведены типовые задания.

Задания закрытого типа (один верный ответ)

1. Уравнение $\nabla \cdot B = 0$ отражает физический закон:
а) закон Ампера б) закон Фарадея в) отсутствие магнитных монополей г) закон Гаусса для E

2. Вектор Пойнтинга S имеет физический смысл:
а) плотности энергии поля б) потока импульса в) потока энергии через единичную площадку г) силы на единицу заряда

3. Тензор электромагнитного поля $F_{\mu\nu}$ конструируется из 4-потенциала как:
а) $F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu + \partial_\nu A_\mu$ б) $F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu$ в) $F_{\mu\nu} = A_\mu A_\nu$ г) $F_{\mu\nu} = \Box A_\mu$

4. Число независимых компонент антисимметричного тензора 2-го ранга в 4-мерном пространстве:
а) 4 б) 6 в) 10 г) 16

5. Условие черенковского излучения имеет вид:
а) $v > c/n$ б) $v < c/n$ в) $v = c$ г) $v > c$

6. Глубина скин-слоя δ пропорциональна частоте как:
а) $\delta \propto \omega$ б) $\delta \propto \sqrt{\omega}$ в) $\delta \propto 1/\sqrt{\omega}$ г) $\delta \propto 1/\omega$

7. Плазма прозрачна для электромагнитной волны при условии:
а) $\omega < \omega_p$ б) $\omega > \omega_p$ в) $\omega = \omega_p$ г) при любых ω

8. Инвариантный интервал $ds^2 = c^2dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$ для событий, связанных причинно-следственной связью:
а) $ds^2 < 0$ б) $ds^2 = 0$ в) $ds^2 > 0$ г) ds^2 произволен

9. Закон Ома в среде $j = \sigma E$ является следствием:
а) уравнения Максвелла $\nabla \times H = j + \partial D/\partial t$ б) граничных условий в) уравнения непрерывности г) феноменологического описания проводимости

10. Векторное произведение двух полярных векторов является:
а) полярным вектором б) аксиальным вектором (псевдовектором) в) скаляром г) тензором 2-го ранга

Задания открытого типа

1. Запишите уравнение непрерывности для заряда. Что оно выражает?
2. Запишите формулу для запаздывающих потенциалов. Объясните происхождение запаздывания.
3. Что такое тензор электромагнитного поля? Запишите его компоненты через E и B.
4. Сформулируйте условие возникновения скин-эффекта. Чем обусловлено вытеснение тока к поверхности?
5. Запишите ковариантный закон сохранения для $F_{\mu\nu}$ и объясните его физический смысл.

Примерные вопросы к зачёту

Раздел 1. Основы классической электродинамики

1. Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной форме. Физический смысл каждого уравнения.
2. Законы сохранения энергии и импульса электромагнитного поля. Уравнения непрерывности.
3. Электромагнитные потенциалы φ и A. Калибровочная инвариантность. Калибровки Лоренца и Кулона.
4. Уравнения Даламбера для потенциалов. Запаздывающие потенциалы. Физический смысл запаздывания.
5. Потенциалы Лиенара–Вихерта. Поле точечного произвольно движущегося заряда.
6. Уравнения электростатики. Закон Кулона. Поле системы точечных зарядов.
7. Мультипольное разложение. Дипольный и квадрупольный моменты системы зарядов.
8. Собственная энергия и энергия взаимодействия системы зарядов.
9. Законы Био–Савара и Ампера. Уравнения магнитостатики. Магнитный момент.
10. Электрическое дипольное излучение. Формула Лармора. Диаграмма направленности.
11. Рассеяние электромагнитных волн. Сечение рассеяния. Формула Томсона.
12. Реакция излучения. Сила радиационного трения.

Раздел 2. Специальная теория относительности

1. Постулаты СТО. Преобразования Лоренца. Следствия: сокращение длин, замедление времени.
2. Четырёхмерный мир Минковского. Интервалы и их классификация. Собственное время.
3. Четырёхмерные тензоры. 4-скорость и 4-ускорение.

4. 4-импульс частицы. Релятивистская динамика. Закон сохранения энергии-импульса. $E=mc^2$.
5. Тензор электромагнитного поля $F_{\mu\nu}$. Ковариантная форма уравнений Максвелла.
6. Преобразования напряжённостей E и B при переходе между ИСО. Инварианты поля.
7. Принцип наименьшего действия в электродинамике. Уравнения движения заряженной частицы.
8. Поле равномерно движущегося заряда (релятивистский случай). Эффект Доплера.

Образцы билетов (5-й семестр, зачёт)

БИЛЕТ № 1

Дисциплина: «Электродинамика и специальная теория относительности» | 5-й семестр. Зачёт

1. Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной форме. Физический смысл каждого.
2. Постулаты СТО. Преобразования Лоренца. Следствия: сокращение длин, замедление времени.
3. Задача: Определить угол между вектором Пойнтинга и направлением распространения волны для плоской монохроматической волны.

БИЛЕТ № 2

Дисциплина: «Электродинамика и специальная теория относительности» | 5-й семестр. Зачёт

1. Электромагнитные потенциалы. Калибровочная инвариантность. Уравнения Даламбера.
2. Тензор электромагнитного поля. Ковариантная форма уравнений Максвелла.
3. Задача: Найти индукцию магнитного поля на оси кольца радиуса R с током I на расстоянии z от центра.

БИЛЕТ № 3

Дисциплина: «Электродинамика и специальная теория относительности» | 5-й семестр. Зачёт

1. Мультипольное разложение. Дипольный и квадрупольный моменты системы зарядов.
2. 4-импульс частицы. Энергия покоя. Закон сохранения энергии-импульса.
3. Задача: Частица с массой m_0 и кинетической энергией T сталкивается с покоящейся частицей той же массы. Найти инвариантную массу системы.

ВОПРОСЫ К ЗАЧЁТУ С ОЦЕНКОЙ (6-й СЕМЕСТР)

Зачёт с оценкой проводится в устной форме по билетам. Каждый билет содержит два теоретических вопроса и одну расчётную задачу. Оценка выставляется по совокупности баллов текущего контроля и аттестации.

Перечень теоретических вопросов

1. Осреднение уравнений Максвелла. Поляризация и намагничение. Материальные уравнения.
2. Граничные условия для D, E, B, H. Закон сохранения энергии в среде.
3. Среды с дисперсией. Тензор диэлектрической проницаемости. Формулы Крамерса–Кронига.
4. Электростатика в диэлектрике. Метод изображений. Ёмкостные коэффициенты.
5. Постоянный ток в проводящей среде. Закон Ома. Уравнения магнитостатики в среде.
6. Диа-, пара- и ферромагнетизм. Магнитная восприимчивость. Петля гистерезиса.
7. Индуктивные коэффициенты. Энергия магнитного поля системы токов.
8. Квазистационарные поля. Условия квазистационарности. Скин-эффект.
9. Плоские волны в однородной изотропной среде. Показатель преломления. Поглощение.
10. Дисперсия света. Фазовая и групповая скорости. Нормальная и аномальная дисперсия.
11. Формулы Френеля. Полное внутреннее отражение. Угол Брюстера.
12. Волноводы. Типы волн. Критическая частота. Дисперсионное соотношение.
13. Излучение в средах. Черенковское излучение. Условие возникновения. Спектральные характеристики.
14. Принцип Гюйгенса–Френеля. Дифракция Фраунгофера и Френеля.
15. Основы МГД. Уравнения МГД. Магнитное замораживание. Альвеновские волны.
16. Физика плазмы. Диэлектрическая проницаемость плазмы. Плазменная частота.
17. Флуктуационно-диссипативная теорема. Тепловое излучение.
18. Сверхпроводимость. Эффект Мейснера. Уравнения Лондонов. Глубина проникновения.
19. Тензор энергии-импульса в среде. Давление излучения. Формулы Минковского и Абрагама.
20. Единство классической электродинамики. Связь с квантовой электродинамикой.

Перечень примерных расчётных задач для аттестации:

1. Найти поле бесконечной равномерно заряженной нити с линейной плотностью λ, используя теорему Гаусса.
2. Найти индукцию магнитного поля на оси кольца радиуса R с током I на расстоянии z от центра.
3. Два кольца радиуса a, заряженные с поверхностной плотностью σ, расположены на расстоянии 2L друг от друга. Найти дипольный момент системы.
4. В ИСО K' заряд q движется со скоростью v. Найти E и B в системе K, движущейся со скоростью u вдоль оси x.
5. Ракета стартует одновременно с двумя событиями в К. Будут ли они одновременны в системе ракеты? Обоснуйте.
6. Частица с массой m_0 и кинетической энергией T сталкивается с покоящейся частицей той же массы. Найти инвариантную массу системы.
7. Найти глубину скин-слоя для меди ($\sigma = 6\cdot10^7$ Ом$^{-1}\cdot$м$^{-1}$) при частоте 50 Гц и 10^9 Гц.
8. Свет падает из среды с $n_1 = 1.5$ на воздух. Найти угол полного внутреннего отражения.
9. Найти угол черенковского излучения для протона со скоростью $v = 0.9c$, движущегося в среде с $n = 1.5$.
10. Найти плазменную частоту для концентрации электронов $n = 10^{18}$ м$^{-3}$ и сравнить с частотой видимого света.

Образцы билетов (6-й семестр, зачёт с оценкой)

БИЛЕТ № 1

Дисциплина: «Электродинамика и специальная теория относительности» | 6-й семестр. Зачёт с оценкой

1. Уравнения Максвелла в среде. Граничные условия. Закон сохранения энергии в среде.
2. Черенковское излучение. Условие возникновения. Угол черенковского конуса. Практические применения.
3. Задача: Найти угол черенковского излучения для протона со скоростью $v = 0.9c$, движущегося в среде с $n = 1.5$.

БИЛЕТ № 2
Дисциплина: «Электродинамика и специальная теория относительности» | 6-й семестр. Зачёт с оценкой
1. Скин-эффект. Условия квазистационарности. Глубина скин-слоя.
2. Плазма. Диэлектрическая проницаемость. Плазменная частота. Условие прозрачности.
3. Задача: Найти плазменную частоту для концентрации электронов $n = 10^{18}$ м$^{-3}$ и сравнить с частотой видимого света.
БИЛЕТ № 3
Дисциплина: «Электродинамика и специальная теория относительности» | 6-й семестр. Зачёт с оценкой
1. Формулы Крамерса–Кронига. Дисперсия. Физический смысл.
2. Уравнения Лондонов. Эффект Мейснера. Глубина проникновения в сверхпроводник.
3. Задача: Найти глубину скин-слоя для меди ($\sigma = 6 \cdot 10^7$ Ом$^{-1}$·м$^{-1}$) при частоте 50 Гц и 10^9 Гц.
БИЛЕТ № 4
Дисциплина: «Электродинамика и специальная теория относительности» | 6-й семестр. Зачёт с оценкой
1. Формулы Френеля. Коэффициенты отражения и пропускания. Полное внутреннее отражение.
2. Основы МГД. Магнитное замораживание. Альвеновские волны.
3. Задача: Свет падает из среды с $n_1 = 1.5$ на воздух. Найти угол полного внутреннего отражения.

5.2. Темы курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены.

5.3. Фонд оценочных средств

Распределение баллов. Итоговая оценка формируется из двух составляющих: текущий контроль — максимум 70 баллов; промежуточная аттестация (зачёт / зачёт с оценкой) — максимум 30 баллов. Студент допускается к промежуточной аттестации при наличии не менее 35 баллов текущего контроля.
Текущий контроль (70 баллов) складывается из следующих видов работ: активность на практических занятиях — 6 баллов по разделу (по 1 баллу за занятие); устный/письменный опрос — 8 баллов по разделу; коллоквиум — 12 баллов по разделу; итоговое тестирование за семестр — 18 баллов.
Активность на практических занятиях (макс. 1 балл за занятие). 1 балл выставляется, если студент активно участвует в решении задач, правильно отвечает на вопросы преподавателя и демонстрирует понимание темы. 0 баллов — если студент пассивен или отсутствует.
Устный/письменный опрос (макс. 8 баллов). 7–8 баллов — полный, правильный ответ без ошибок. 5–6 баллов — ответ в целом верный, с незначительными неточностями. 3–4 балла — частичный ответ, потребовавший наводящих вопросов. 0–2 балла — ответ неверный или студент не смог ответить.
Коллоквиум (макс. 12 баллов). 11–12 баллов — все вопросы раскрыты полно, задача решена верно, формулировки грамотны. 8–10 баллов — незначительные пробелы, задача решена с арифметической ошибкой. 5–7 баллов — неполные ответы, задача решена частично. 0–4 балла — основное содержание не раскрыто, задача не решена.
Тестирование по итогам семестра (макс. 18 баллов). Каждый верный ответ — 1 балл. Итоговый балл пропорционален числу правильных ответов.
Промежуточная аттестация — зачёт, 5-й семестр (макс. 30 баллов). Каждый из двух вопросов билета оценивается от 0 до 15 баллов. 13–15 баллов — полное, грамотное изложение; самостоятельный ответ без наводящих вопросов; умение связать тему с другими разделами курса. 9–12 баллов — ответ в целом верен; допущены 1–2 неточности, исправленные по замечанию преподавателя. 5–8 баллов — ответ неполный или непоследовательный; ошибки исправлены после нескольких наводящих вопросов. 0–4 балла — основное содержание не раскрыто; незнание ключевых понятий и формул. Зачёт считается сданным, если сумма баллов текущего контроля и аттестации составляет не менее 50.
Промежуточная аттестация — зачёт с оценкой, 6-й семестр (макс. 30 баллов). Билет включает два теоретических вопроса и одну расчётную задачу. Теоретический вопрос 1 — максимум 10 баллов; теоретический вопрос 2 — максимум 10 баллов; задача — максимум 10 баллов.
За теоретический вопрос: 10 баллов — полное, структурированное изложение, правильное использование терминологии и формул, ответ без наводящих вопросов, умение иллюстрировать примерами. 7–9 баллов — ответ раскрыт, допущены 1–2 несущественные неточности, исправленные по замечанию. 4–6 баллов — ответ неполный или непоследовательный, общее понимание продемонстрировано, ошибки исправлены после нескольких наводящих вопросов. 0–3 балла — основное содержание не раскрыто, незнание ключевых понятий и формул.
За задачу: 10 баллов — все этапы алгоритма выполнены верно, ответ обоснован и физически интерпретирован. 7–9 баллов — алгоритм верен, допущена арифметическая ошибка, ответ обоснован с учётом ошибки. 4–6 баллов — не все этапы выполнены, допущены ошибки в вычислениях, ответ получен частично. 0–3 балла — задача не решена или содержит принципиальные ошибки в методе решения.
Итоговая оценка за 6-й семестр: «Отлично» — 86–100 баллов; «Хорошо» — 71–85 баллов; «Удовлетворительно» — 50–70 баллов; «Неудовлетворительно» — менее 50 баллов.

5.4. Перечень видов оценочных средств

- Устный ответ
- Контрольные тесты
- Зачёт
- Зачёты с оценкой

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Батыгин В.В., Топтыгин И.Н., Бредов М.М.	Сборник задач по электродинамике: учебное пособие	М.: Наука Гл. ред. физ.-мат. лит. 1970
Л1.2	Бредов М.М., Румянцев В.В., Топтыгин И.Н.	Классическая электродинамика: учебное пособие	М.: Наука Гл. ред. физ.-мат. лит. 1985
Л1.3	Пейсахович Ю. Г.	Классическая электродинамика: Учебное пособие	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет 2017

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	В.Д. Джунушалиев	Электродинамика сплошных сред: Краткий курс лекций. Ч. I	Бишкек.: Изд-во КРСУ 2004
Л2.2	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.	Электродинамика сплошных сред: учебное пособие для вузов	М.: Физматгиз 1957
Л2.3		Квантовая электродинамика	М.: Наука Гл. ред. физ.-мат. лит.

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Безлепин Е.А.	Обобщение классической физики: специальная теория относительности	
Л3.2	Каменецкий С.Е., Пустильник И.Г.	Электродинамика в курсе физики средней школы: Пособие для учителей	М.: Просвещение 1978
Л3.3	Памятных Е. А.	Электродинамика. Специальная теория относительности. Теория электромагнитного поля: Учебно-методическое пособие	Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ 2014

6.3. Перечень информационных и образовательных технологий

6.3.1 Компетентностно-ориентированные образовательные технологии

6.3.1.1	- Активное обучение
6.3.1.2	- Интерактивная лекция
6.3.1.3	- Лекция-беседа
6.3.1.4	- Лекция с элементами беседы
6.3.1.5	- Лекция-дискуссия
6.3.1.6	- Лекция с элементами дискуссии
6.3.1.7	- Коллоквиум
6.3.1.8	- Практикум
6.3.1.9	- Работа в группах
6.3.1.10	- Работа в парах
6.3.1.11	- Круглый стол
6.3.1.12	- Мозговой штурм

6.3.2 Перечень информационных справочных систем и программного обеспечения

6.3.2.1	Microsoft Windows 10;
6.3.2.2	Microsoft Office 2010;
6.3.2.3	7-Zip;
6.3.2.4	Chrome;
6.3.2.5	AcrobatReader.
6.3.2.6	http://www.lib.asu.ru электронные ресурсы научной библиотеки АлтГУ
6.3.2.7	http://www.rsl.ru РГБ Российская государственная библиотека
6.3.2.8	http://ben.irex.ru БЕН Библиотека естественных наук
6.3.2.9	http://www.gpntb.ru Государственная публичная научно-техническая библиотека
6.3.2.10	http://ban.pu.ru БАН Библиотека Академии наук

6.3.2.11	http://www.nlr.ru РНБ Российская национальная библиотека
6.3.2.12	http://www.elibrary.ru Научная электронная библиотека РФФИ
6.3.2.13	http://www.lib.msu.su Библиотека МГУ

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
7.1	Лекционная аудитория, аудитории для проведения практических и семинарских занятий, компьютерные классы (с подключением к Интернет-сети) для индивидуальной самостоятельной работы студентов,
7.2	подготовки домашних заданий, презентаций, письменных работ, комплекс мультимедийного оборудования (компьютер, проектор и экран) для проведения лекций и презентаций; социальные сети, мессенджер, электронная почта. Учебная аудитория для лекций и практических занятий
7.3	Операционная система — Windows 10. На каждом компьютере должно быть установлено следующее программное обеспечение:
7.4	браузер Chrome для доступа к онлайн-базам данных
7.5	пакет Microsoft Office 365

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рекомендации к лекциям
В ходе лекционных занятий необходимо вести конспект, выделяя ключевые понятия, формулировки законов и уравнений, физические интерпретации математических выражений. Рекомендуется оставлять поля для последующих дополнений из рекомендованной литературы.
Особое внимание следует уделять логическим связям между разделами курса: уравнения Максвелла → стационарные поля как предельный случай → излучение как нестационарное решение → ковариантная формулировка в рамках СТО → электродинамика сред как макроскопическое описание. При изучении СТО (раздел 2) необходимо параллельно осваивать 4 -векторный формализм — он является ключевым инструментом для всей релятивистской электродинамики.

Рекомендации к практическим занятиям
Подготовка к каждому практическому занятию включает три шага: (1) повторение теоретического материала по теме; (2) изучение типовых примеров из сборников задач; (3) самостоятельное решение домашних задач с записью всех этапов — постановка задачи, выбор метода, промежуточные вычисления, физическая интерпретация ответа.
Для раздела 2 (СТО) ключевые навыки: работа с 4-векторами, вычисление инварианта интервала, применение закона сохранения 4-импульса к реакциям частиц. Для разделов 3–4: применение граничных условий на интерфейсах, метод изображений, расчёт скин-эффекта, формулы Френеля, вычисление черенковского угла.

Рекомендации к самостоятельной работе
Самостоятельная работа составляет 88 из 144 часов курса. Она строится по двум направлениям:
а) Теоретическое: систематическая проработка лекций по учебникам; составление опорных схем (сводная таблица уравнений Максвелла, таблица 4-векторов, схема мультипольного разложения); самопроверка путём воспроизведения ключевых выводов без опоры на конспект.
б) Практическое: решение задач по всем темам каждого раздела из сборников Батыгина–Топтыгина, Алексеева, Крамма; разбор нерешённых задач на консультациях; составление собственного сборника решений для подготовки к экзамену.
Рекомендуемый цикл для каждой темы: прочитать → законспектировать ключевые формулы → воспроизвести без конспекта → решить 3–5 задач базового уровня → 1–2 задачи повышенной сложности. Цикл повторяется до уверенного владения материалом.