

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ			
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение			
высшего образования			
«Московский физико-технический институт (государственный университет)»			
МФТИ			
«УТВЕРЖДАЮ»			
Проректор по учебной и методической работе			
Зубцов Д.А.			
« » _____ 20 г.			
Рабочая программа дисциплины			
по дисциплине:	Электродинамика сплошных сред		
по направлению:	03.03.01 - Прикладные математика и физика (бакалавриат)		
профиль подготовки/	Современные проблемы физики и энергетики		
профиль подготовки/			
факультет:	Проблем физики и энергетики		
кафедра:	Прикладной физики		
курс:	4		
квалификация:	бакалавр		
Программу составил:	Кондратенко П.С., доктор физико-математических наук, профессор		
Программа обсуждена на заседании кафедры			
СОГЛАСОВАНО:			
Заведующий кафедрой		Леонов А.Г.	
Декан факультета проблем физики и энергетики		Леонов А.Г.	
Начальник учебного управления			

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Цели курса:

Изучение физических и теоретических основ электродинамики сплошных сред, ее закономерностей и приложений.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Тема	Содержание
1	Уравнения электромагнитного поля в материальной среде	<ol style="list-style-type: none">1. Предмет электродинамики сплошных сред (ЭСС). Уравнения макроскопической электродинамики. Напряженности электрического и магнитного полей. Электрическая поляризация и намагниченность. Электрическая и магнитная индукции. Плотность электрического тока. Свойства симметрии векторных величин в ЭСС по отношению к пространственной и временной инверсии. Граничные условия на поверхности раздела двух сред.2. Плотность потока энергии поля и закон сохранения энергии. Преобразование полей при переходе в движущуюся систему координат.
2	Материальные соотношения в ЭСС. Частотная и пространственная дисперсия диэлектрической проницаемости. Электромагнитные волны	<ol style="list-style-type: none">1. Связь векторов индукции и плотности электрического тока с напряженностями полей. Материальные соотношения в статическом пределе в слабых полях, в зависимости от категории конденсированных сред (диэлектрики, металлы, магнетики, сверхпроводники). Свойства симметрии тензорных характеристик среды. Принцип симметрии кинетических коэффициентов Онсагера.2. Частотная дисперсия диэлектрической проницаемости ϵ. Принцип причинности и аналитические свойства ϵ как функции частоты. Низкочастотная и высокочастотная асимптотики. Соотношения Крамерса-Кронига. Поведение диэлектрической проницаемости как функции частоты в металлах и в газах вблизи узкой линии поглощения.3. Пространственная дисперсия. Тензор диэлектрической проницаемости изотропных сред. Поперечные и продольные электромагнитные волны. Плоская монохроматическая волна. Пространственная дисперсия вблизи линии поглощения. Естественная оптическая активность.
3	Электростатика. Постоянный ток. Магнитостатика	<ol style="list-style-type: none">1. Электростатическое поле проводников и его энергия. Тензор поляризуемости металлического тела. Электростатическое поле в диэлектрике. Диэлектрический и металлический эллипсоиды в однородном внешнем поле. Положительный знак статической электрической восприимчивости диэлектриков. Симметрия кристаллов и их диэлектрические свойства. Пироэлектрики и пьезоэлектрики.

		<p>2. Связь между током и электрическим полем в проводнике. Эффект Холла. Термоэлектрические явления. Постоянное магнитное поле. Магнитное поле постоянных токов.</p> <p>3. Силы и моменты сил, действующие на тела во внешних квазиоднородных электро- и магнитостатических полях. Электро- и магнитострикция.</p>
4	Квазистационарное электромагнитное поле	<p>1. Уравнения квазистационарного поля. Затухание поля во времени. Скин-эффект. Поверхностный импеданс. Граничные условия Леонтовича. Поглощение энергии.</p> <p>2. Движение проводника во внешнем магнитном поле. Электромагнитная индукция. Уравнения магнитной гидродинамики.</p>
5	Взаимодействие плоской монохроматической волны с плоской и периодически модулированной границей раздела двух сред. Поверхностные электромагнитные волны	<p>1. Отражение и преломление плоских волн при взаимодействии с плоской границей раздела между двумя средами (формулы Френеля). Угол Брюстера и предельный угол полного отражения.</p> <p>2. Поверхностные электромагнитные волны (ПЭВ) на границе металл-диэлектрик. Способы возбуждения ПЭВ.</p> <p>3. Дифракция на решетках. Аномалии Вуда. Аналогии из теории неупругого рассеяния в квантовой механике и связь с теорией бифуркаций и катастроф. Эффект полного подавления металлического отражения при резонансном возбуждении ПЭВ.</p>
6	Геометрическая оптика. Узконаправленные световые пучки. Элементы общей теории дифракции	<p>1. Геометрическая оптика. Аналогии с квазиклассикой в квантовой механике и классической механикой.</p> <p>2. Узконаправленные световые пучки. Параболическое волновое уравнение. Дифракционная расходимость. Гауссовы световые пучки.</p> <p>3. Элементы общей теории дифракции. Дифракция Френеля и Фраунгофера.</p>
7	Рассеяние электромагнитных волн	<p>1. Рассеяние электромагнитных волн на малых частицах. Формула Рэлея.</p> <p>2. Элементы общей теории рассеяния в изотропных средах. Принцип детального равновесия.</p> <p>3. Рассеяние с малым изменением частоты. Комбинационное рассеяние. Стоксово и антистоксово рассеяние. Рэлеевское рассеяние и его тонкая структура. Дублет Мандельштамма-Бриллюэна.</p>
8	Электромагнитные волны в анизотропных средах. Нелинейная оптика	<p>1. Плоская волна в анизотропной среде. Одноосные и двухосные кристаллы. Двухлучепреломление в одноосных кристаллах.</p> <p>2. Электро- и магнитооптические эффекты.</p> <p>3. Нелинейные оптические эффекты. Самофокусировка. Преобразование частот. Свойство когерентности полей. Фазовый синхронизм. Длина когерентности. Генерация второй и третьей гармоник. Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР). Квантовая трактовка нелинейно-оптических эффектов.</p>

9	Магнитные резонансы	1. Природа магнитного упорядочения в твердых телах. Обменное взаимодействие. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм. 2. Слабовозбужденные состояния ферро- и антиферромагнетиков. Уравнение Ландау-Лифшица. Ферромагнитный и антиферромагнитный резонансы. 3. Ядерный магнитный и электронный парамагнитный резонансы. Уравнения Блоха. Спиновое эхо.
---	---------------------	--

Основная литература

1. Л.Д Ландау и Е.М. Лифшиц, Электродинамика сплошных сред, М. Физматлит, 2005.
2. Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, Задачи и упражнения с ответами и решениями, М. Едиториал УРСС, 2004.
3. В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин, Сборник задач по электродинамике, М.. Наука, 2001.
4. Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс, Фейнмановские лекции по физике, тт. 5-7, М. Едиториал УРСС, 2004.

Дополнительная литература

1. Л.А. Вайнштейн, Электромагнитные волны, М. Радио и связь, 1988.
2. П.Р. Шен Принципы нелинейной оптики, М. Мир, 1989.
3. А.И. Ахиезер, В.Г. Барьяхтар, С.В. Пелетминский. Спиновые волны, М. Наука, 1967.
4. Ч. Сликтер Основы теории магнитного резонанса, М. Мир, 1981.
5. J. Peatross and M. Ware, Physics of Light and Optics, 2011c edition, available at optics.byu.edu
6. Robert W. Boyd, Nonlinear Optics, Second Edition, Academic Press, San Diego, USA, 2003.

НЕОБХОДИМЫЕ РЕСУРСЫ СЕТИ ИНТЕРНЕТ

1. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
2. <http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.
3. <http://lib.mipt.ru/> – электронная библиотека Физтеха.
4. <http://elibrary.ru/> - научная электронная библиотека

ПЕРЕЧЕНЬ ТИПОВЫХ КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ

Аттестация проводится в устной форме. Студенту предлагаются три вопроса.

Вопросы к 7-му 8-му семестру

1. Уравнения Максвелла в электродинамике сплошных сред. Физический смысл фигурирующих там величин. Граничные условия на поверхности раздела двух сред.
2. Плотность потока энергии и закон сохранения энергии поля в среде.
3. Аналитические свойства диэлектрической проницаемости как функции частоты. Из какого принципа они вытекают? В чем суть соотношений Крамерса-Кронига?
4. Знак мнимой части диэлектрической проницаемости (ДП). Ее физический смысл. Поведение ДП в пределе высоких частот.
5. Выражение для диэлектрической проницаемости металлов в пределе низких частот.
6. Знак статической электрической восприимчивости диэлектриков.
7. Порядок величины и знак статической магнитной восприимчивости немагнитных веществ.
8. В каком случае электростатическое поле в диэлектрическом теле, помещенном в однородное внешнее поле, является также однородным? Чем определяется величина и ориентация этого поля?
9. Сила и момент сил, действующие на диэлектрическое тело, помещенное в однородное электрическое поле.

10. Условия применимости и основные уравнения квазистационарной электродинамики.
11. Граничное условие Леонтовича. Когда оно применимо и в чем его достоинство? Поверхностный импеданс. Знак и физический смысл вещественной части поверхностного импеданса металлов.
12. Плоская монохроматическая электромагнитная волна. Ее основные характеристики. Типы поляризации. Их физические и формальные различия.
13. Каковы свойства диэлектрической проницаемости прозрачной среды?
14. Эффект Фарадея и естественная оптическая активность. Их сходство и различие.
15. Что такое угол полного внутреннего отражения (ПВО) и что происходит в оптически менее плотной среде при углах падения больше угла ПВО? Поведение коэффициента отражения вблизи угла ПВО.
16. Что такое угол Брюстера?
17. Вещественной или мнимой является нормальная к границе компонента волнового вектора поверхностной электромагнитной волны (ПЭВ)? Поляризация ПЭВ. Размер области локализации ПЭВ по нормали к границе.
18. Какими способами можно возбудить поверхностную электромагнитную волну?
19. Видимые и невидимые порядки дифракции при взаимодействии плоской электромагнитной волны с периодически модулированной границей раздела двух сред.
20. Что такое аномалии Вуда? Эффект полного подавления металлического отражения при резонансном возбуждении ПЭВ.
21. Условия применимости геометрической оптики (ГО). В чем суть основного принципа ГО? Может ли оптическая длина пути не быть минимальной?
22. Угол дифракционной расходимости. Параболическое волновое уравнение.
23. Дифракция Френеля и Фраунгофера.

Вопросы к 8 семестру

1. Уравнения Максвелла в макроскопической электродинамике. Граничные условия на поверхности раздела двух сред.
2. Плотность потока энергии и закон сохранения энергии поля в среде.
3. Принцип причинности и аналитические свойства диэлектрической проницаемости как функции частоты.
4. Знак мнимой части диэлектрической проницаемости.
5. Диэлектрическая проницаемость металлов в пределе низких частот
6. Знак статической диэлектрической восприимчивости диэлектрика.
7. Знак статической магнитной восприимчивости немагнитных веществ.
8. В каком случае электростатическое поле в диэлектрическом теле, помещенном в однородное внешнее поле, является также однородным? Соотношение для полей в этом случае.
9. Порядок величины магнитной восприимчивости немагнитных веществ.
10. Квазистационарное электромагнитное поле. Скин-эффект. Поглощение энергии поля.
11. Граничное условие в форме Леонтовича. Поверхностный импеданс.
12. Плоская электромагнитная волна. Законы отражения и преломления от плоской границы двух сред.
13. Угол полного внутреннего отражения и угол Брюстера.
14. Условия применимости геометрической оптики. Принцип Ферма.
15. Поверхностные электромагнитные волны. Вещественной или мнимой является нормальная к границе компонента волнового вектора поверхностной электромагнитной волны?
16. Дифракция плоской электромагнитной волны на периодически модулированной границе раздела двух сред. Видимые и невидимые порядки.
17. Аномалии Вуда. Эффект полного подавления металлического отражения при падении света на мелкую металлическую решетку.
18. Дифракционная расходимость и качественные оценки для нее.
19. Волновое уравнение. Уравнение Гельмгольца. Параболическое волновое уравнение и условие его применимости.
20. Рассеяние электромагнитных волн на малых частицах. В каких степенях входят частота излучения и размер частицы в формуле Рэлея.

21. Стоксово и антистоксово рассеяние. Соотношение между их интенсивностями.
22. Рэлеевское рассеяние света в газах.
23. Тонкая структура рэлеевского рассеяния. Дублет Мандельштама-Бриллюэна.
24. Анизотропные оптические среды. Диэлектрическая проницаемость кубических, одноосных и двухосных кристаллов.
25. Оптические свойства одноосных кристаллов. Обыкновенная и необыкновенная волны. Почему оптически анизотропные среды так важны для нелинейной оптики?
26. Электрооптические эффекты в анизотропных средах (эффекты Поггеля и Керра).
27. Магнитооптические эффекты. Вращение плоскости поляризации в присутствии постоянного внешнего поля (эффект Фарадея). Отличие от эффекта естественной оптической активности.
28. Нелинейные восприимчивости. Соотношение между частотными аргументами восприимчивостей. Его физический смысл.
29. Эффект самофокусировки. К какой характеристике излучения относится критическое условие для самофокусировки и почему?
30. Сложение и вычитание частот. Генерация второй гармоники.
31. Условие фазового синхронизма. Способы его достижения.
32. Вынужденное комбинационное рассеяние. Условие реализации.
33. Обменные ферромагнетики. Энергия слабозвужденных состояний. Обменные и релятивистские (магнитные) взаимодействия.
34. Уравнение Ландау-Лифшица для плотности магнитного момента ферромагнетика. Ферромагнитный резонанс.
35. Антиферромагнитный резонанс.
36. Уравнения Блоха для ядерной намагниченности. Ядерный магнитный и электронный парамагнитный резонансы.
37. Спиновое эхо.
38. Диапазоны частот, отвечающие магнитным резонансам.