


ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
теоретической физики  
протокол №4 от «12» января 2022 г.  
Зав. кафедрой Вамис / Вахитов Р.М.

Согласовано:  
Председатель УМК физико - технического  
института  
 / (Балапанов М.Х.)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина МАКРОСКОПИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Б1.В.ДВ.07.02 обязательная

**программа магистратуры**

Направление подготовки (специальность)  
03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки / Специализация

Цифровые технологии в физике функциональных материалов

Квалификация

Магистр

Форма обучения  
Очная

Разработчик (составитель)  
к.ф.-м.н., доцент

 / Юмагузин А.Р.

Для приема: 2022 г.  
Уфа 2022г.

Составитель: Юмагузин А.Р.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры общей физики, протокол от №4 от «12» января 2022 г.

Заведующий кафедрой  Вахитов Р.М.

## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
  - 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.
  - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
  - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
  - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

Категория (группа) компетенций	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
Разработка планов и программ проведения научных исследований обработка, анализ научно-технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи; компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, подготовка отчетов, обзоров, рефератов, по результатам выполненных исследований, подготовка и представление докладов на научные конференции и семинары;	ПК-1. Способен планировать и проводить научные исследования по перспективным направлениям фундаментальной и прикладной физики, материаловедения и наукоемких технологий с применением современных приборов и методов исследований	ПК-1-1 Знает перспективные направления фундаментальной и прикладной физики, материаловедения и наукоемких технологий с применением современных приборов и методов исследований	Знать основные представления теории временной и пространственной дисперсии в различных средах
		ПК-1-2 Умеет планировать и проводить научные исследования по перспективным направлениям фундаментальной и прикладной физики, материаловедения и наукоемких технологий с применением современных приборов и методов исследований	Уметь рассчитывать спектр нормальных электромагнитных волн в различных средах
		ПК-1-3 Владеет основными навыками планирования и проведения научных исследований по перспективным направлениям фундаментальной и прикладной физики, материаловедения и наукоемких технологий с применением современных приборов и методов исследований	Владеть методикой аналитического и численного расчета реальных физических процессов в материальных средах, находящихся под воздействием существенных переменных и неоднородных электромагнитных полей

## 2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Макроскопическая электродинамика» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на 2 курсе в 1 семестре.

Цели изучения дисциплины: В процессе изучения спецкурса студенты должны изучить основные методы электродинамики сплошных сред в существенно переменных и неоднородных электромагнитных полях на основе феноменологического подхода. При этом с введением понятия о временной и пространственной дисперсии будут рассмотрены основные классы кристаллических сред: полярные и неполярные диэлектрики, проводники, пара- и ферромагнетики.

Для освоения данной дисциплины студенту необходимо освоить предварительно следующие дисциплины: общая физика, электродинамика, векторный и тензорный анализ, высшая алгебра, квантовая теория.

## 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

## 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

### 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.

Код и формулировка компетенции:

Планируемые результаты обучения (Индикаторы достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
	«Не зачтено»	«Зачтено»
ПК-1-1 Знает перспективные направления фундаментальной и прикладной физики, материаловедения и наукоемких технологий с применением современных приборов и методов исследований	Не знает основные представления теории временной и пространственной дисперсии в различных средах	Знает основные представления теории временной и пространственной дисперсии в различных средах
ПК-1-2 Умеет планировать и проводить научные исследования по перспективным направлениям фундаментальной и прикладной физики, материаловедения и наукоемких технологий с применением современных приборов и методов исследований	Не умеет рассчитывать спектр нормальных электромагнитных волн в различных средах	Умеет рассчитывать спектр нормальных электромагнитных волн в различных средах
ПК-1-3 Владеет основными навыками планирования и проведения научных исследований по перспективным направлениям фундаментальной и прикладной физики, материаловедения и наукоемких технологий с применением современных приборов и методов исследований	Не владеет методикой аналитического и численного расчета реальных физических процессов в материальных средах, находящихся под воздействием существенно переменных и неоднородных электромагнитных полей	Владеет методикой аналитического и численного расчета реальных физических процессов в материальных средах, находящихся под воздействием существенно переменных и неоднородных электромагнитных полей

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Контролируемые действия по проверке знаний, умений и владений (Оценочные средства)
ПК-1-1 Знает перспективные направления фундаментальной и прикладной физики, материаловедения и наукоемких технологий с применением современных приборов и методов исследований	Знать основные представления теории временной и пространственной дисперсии в различных средах	Компьютерный тест
ПК-1-2 Умеет планировать и проводить научные исследования по перспективным направлениям фундаментальной и прикладной физики, материаловедения и наукоемких технологий с применением современных приборов и методов исследований	Уметь рассчитывать спектр нормальных электромагнитных волн в различных средах	Компьютерный тест
ПК-1-3 Владеет основными навыками планирования и проведения научных исследований по перспективным направлениям фундаментальной и прикладной физики, материаловедения и наукоемких технологий с применением современных приборов и методов исследований	Владеть методикой аналитического и численного расчета реальных физических процессов в материальных средах, находящихся под воздействием существенно переменных и неоднородных электромагнитных полей	Компьютерный тест

**Вопросы к текущему и рубежному контролю по теоретическому материалу**

3 семестр

1. Микроскопические и макроскопические поля. Уравнения Максвелла. Материальные уравнения.
2. Различные формы записи уравнений Максвелла.
3. Понятие о временной и пространственной дисперсии.
4. Свойства тензора диэлектрической проницаемости  $\tilde{\epsilon}_{ij}(\mathbf{k}, \omega)$ .
5. Примеры определения функций линейной реакции и их фурье-компонент.
6. Связь различных материальных тензоров между собой.
7. Функции линейной реакции  $\epsilon$  и  $\epsilon^{-1}$ ,  $\mu$  и  $\mu^{-1}$ . Магнитные восприимчивости  $\chi^H$  и  $\chi^B$ .
8. Поглощение электромагнитной энергии в среде с дисперсией.
9. Нормальные электромагнитные волны в среде с дисперсией.
10. Изотропная негиротропная среда. О введении магнитной проницаемости в материальных средах.
11. Анизотропная негиротропная среда со слабой пространственной дисперсией.

4 семестр

1. Гиротропная среда со слабой пространственной дисперсией.
2. Вращение плоскости поляризации электромагнитных волн в гиротропной среде со слабой пространственной дисперсией.
3. Магнитополяризованные среды. Структура материальных тензоров.
4. Магнитооптические эффекты.
5. Неполярные диэлектрики.
6. Полярные диэлектрики.
7. Проводники в переменных полях.
8. Парамагнетики в переменных полях. Магнитный резонанс.
9. Электромагнитные волны в парамагнетиках.
10. Ферромагнитные среды. Неоднородный резонанс.
11. Спиновые волны.

**Задачи для самостоятельной работы**

1. Показать, что однозначное определение электрического дипольного момента тела

$$\mathbf{P} = \int_V \mathbf{r} \rho \, d\mathbf{r},$$

не зависящее от выбора пространственных координат, возможно лишь при условии электронейтральности тела.

2. Показать, что условие  $\partial \mathbf{P} / \partial t = \mathbf{0}$  является условием однозначного, не зависящего от выбора начала координат, определения магнитного момента тела

$$\mathbf{M} = \int_V \frac{1}{2c} [\mathbf{r} \mathbf{j}] \, d\mathbf{r}.$$

3. Используя систему уравнений Максвелла в форме ВЕД показать, что суммарное количество теплоты, выделяемой в среде электромагнитным полем в единицу времени на единицу объема среды, определяется неэрмитовой частью обобщенного тензора диэлектрической проницаемости  $\tilde{\epsilon}_{ij}(\mathbf{k}, \omega)$  с помощью формулы

$$\frac{Q}{V} = \frac{i\omega}{16\pi} \left\{ \tilde{\epsilon}_{ij}^*(\mathbf{k}, \omega) - \tilde{\epsilon}_{ij}(\mathbf{k}, \omega) \right\} \int d\mathbf{r} E_i(\mathbf{r}, \omega) E_j^*(\mathbf{r}, \omega).$$

4. Раскрывая определитель в дисперсионном уравнении для комплексного показателя преломления  $\tilde{n}(\omega, \mathbf{s})$

(определяемого равенством  $\mathbf{k} = \mathbf{s} \frac{\omega}{c} \tilde{n}(\omega, \mathbf{s})$ , где  $\mathbf{k}$  – комплексный волновой вектор,  $\mathbf{s} = \mathbf{k} / k$  – единичный вектор в направлении волнового вектора)

$$\det \left| \left( \delta_{ij} - s_i s_j \right) \tilde{n}^2 - \tilde{\epsilon}_{ij} \left( \mathbf{s} \frac{\omega}{c} \tilde{n}, \omega \right) \right| = 0,$$

показать, что его можно записать в виде

$$\tilde{\varepsilon}_{ij} s_i s_j \tilde{n}^4 - [s_i s_j \tilde{\varepsilon}_{ij} \tilde{\varepsilon}_{ll} - s_i s_j \tilde{\varepsilon}_{il} \tilde{\varepsilon}_{jl}] \tilde{n}^2 + \det \left| \tilde{\varepsilon}_{ij} \right| = 0. \quad (0)$$

5. Применив (0) к частному случаю

$$\tilde{\varepsilon}_{ij} = \varepsilon \left( s \frac{\omega}{c} \tilde{n}, \omega \right) \delta_{ij},$$

показать, что оно распадается на два уравнения:

$$\varepsilon \left( s \frac{\omega}{c} \tilde{n}, \omega \right) = 0, \quad \tilde{n}^2 = \varepsilon \left( s \frac{\omega}{c} \tilde{n}, \omega \right).$$

6. Показать, что дисперсионное уравнение для продольных электромагнитных волн в анизотропной среде записывается в виде

$$\det \left| \tilde{\varepsilon}_{ij}(k, \omega) \right| = 0.$$

7. Показать, что материальное уравнение

$$\mathbf{D} = \tilde{\varepsilon}_l(k^2, \omega) \mathbf{E}_l + \tilde{\varepsilon}_t(k^2, \omega) \mathbf{E}_t$$

для изотропной среды в случае полей в виде плоских монохроматических волн с учётом введения магнитной проницаемости  $\mu$  согласно

$$\varepsilon_t = \varepsilon_l, \quad \mu^{-1} = 1 - \frac{\omega^2}{c^2 k^2} (\tilde{\varepsilon}_t - \tilde{\varepsilon}_l),$$

можно преобразовать к виду, в котором обобщённая индукция  $\mathbf{D}$  зависит от обоих силовых полей ( $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{B}$ ):

$$\mathbf{D} = \varepsilon \mathbf{E} + (\mu^{-1} - 1) [\mathbf{k} \mathbf{B}] \frac{c}{\omega}.$$

Найти вид аналогичного соотношения при введении  $\mu$  согласно

$$\varepsilon_t = 1, \quad \mu^{-1} = 1 - \frac{\omega^2}{c^2 k^2} (\tilde{\varepsilon}_t - 1).$$

8. Используя явный вид тензора диэлектрической проницаемости  $\tilde{\varepsilon}_{ij}(\mathbf{k}, \omega)$  для кубического кристалла со слабой пространственной дисперсией, рассмотреть нормальные электромагнитные волны, распространяющиеся вдоль основных осей куба:

а) [001] ( $k_x = k_y = 0, k_z = k$ ), б) [111] ( $k_x = k_y = k_z = k / \sqrt{3}$ ), в) [110]

( $k_x = k_y = k / \sqrt{2}, k_z = 0$ ).

Найти законы дисперсии, фазовые скорости, определить поляризации волн. Проверить, что для продольных волн выполняется условие  $\det \left| \tilde{\varepsilon}_{ij}(k, \omega) \right| = 0$ . Показать, что при переходе к изотропной среде (получающейся из кубического кристалла при  $\beta_3 = \beta_1 - \beta_2$ ) анизотропия закона дисперсии (или показателя преломления) исчезает.

9. Полагая, что в изотропной гиротропной среде со слабой пространственной дисперсией

$$\tilde{\varepsilon}_{ij}(\mathbf{k}, \omega) = \left( 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2 - \omega_0^2} \right) \delta_{ij} + i \gamma(\omega) e_{ijl} k_l,$$

а функция  $\gamma(\omega)$  мала:  $\xi(\omega) = \gamma(\omega) \omega / c \ll 1$ , и слабо зависит от частоты при  $\omega \approx \omega_0$ , рассмотреть нормальные электромагнитные волны. Показать, что в этом случае могут распространяться три типа поперечных волн (при каких условиях?). построить законы дисперсии (или зависимость показателя преломления от частоты) при  $\xi = 10^{-5}$ .

10. Показать, что учёт члена

$$\Delta \mathbf{D}_\mu = i g_\mu(\omega) \frac{c^2}{\omega^2} [\mathbf{E} \mathbf{k}] (\mathbf{k} \mathbf{B})$$

в  $D$  эквивалентен введению в системе ВЕНД магнитногиротропной добавки к  $\mu_{ij}^{-1}$ , в результате чего

$$\mu_{ij}^{-1} = \delta_{ij} + i g_{\mu} e_{ijl} b_l$$

11. Рассчитать диэлектрическую проницаемость  $\epsilon(\omega)$  в переменном поле для ионного кристалла в изотропной модели. Рассмотреть нормальные волны в таком кристалле.

12. Используя уравнения Максвелла в форме ВЕНД и материальные уравнения с  $\epsilon_{ij} = \delta_{ij}$ ,

$\mu_{ij} = \delta_{ij} + 4\pi\chi_{ij}$ , получить уравнения для нормальных электромагнитных волн в виде

$$\left\{ k_i k_j - k^2 \delta_{ij} + \frac{\omega^2}{c^2} \mu_{ij} \right\} h_j = 0,$$

где  $\mathbf{H} = \mathbf{H}_0 + \mathbf{h} e^{-i\omega t}$  – магнитное поле. Определить законы дисперсии и показатели преломления, а также поляризации волн при произвольном направлении  $\mathbf{k}$

13. Дополнив уравнение движения для намагниченности

$$\frac{d\mathbf{M}}{dt} = -\gamma[\mathbf{M} \mathbf{H}]$$

простейшим релаксационным членом  $-(\mathbf{M} - \mathbf{M}_0)/\tau$ , где  $\tau$  – время релаксации, показать, что линеаризованное решение имеет вид  $m_{\pm} = \chi_{\pm} h_{\pm}$ , где  $\chi_{\pm} = \chi_0 \omega_0 / [\omega_0 \pm (\omega + i/\tau)]$ . Записать  $\chi$  и  $G$ , выделить их действительные и мнимые части.

**Зачет** проходит в устной форме и заключается в собеседовании по одному из вышеприведённых вопросов в каждом семестре. В случае показа удовлетворительных знаний, выставляется зачёт. Допуском к зачёту является полное выполнение домашних работ и контрольной работы.

**Текущий контроль** — это контроль над всеми видами аудиторной и внеаудиторной работы студентов по данному дисциплинарному модулю, результаты которой оцениваются до рубежного контроля.

Текущий контроль по теоретическому материалу части модуля (лекционному и материалу самостоятельного изучения) проводится в форме тестового опроса или в виде письменного блиц - опроса по 6 вопросам, требующим краткого ответа. Это основные определения, физические понятия, законы и теоремы, вопросы на понимание физической сути изучаемых явлений. Каждый вопрос оценивает как часть от максимального балла, назначенного на данный текущий контроль. В зависимости от объема модуля проводится 1-2 текущих контроля. Список вопросов к каждому текущему контролю выдается студентам заранее. Проводится текущий контроль по семинарским занятиям.

**Рубежный контроль** – проверка полноты знаний и умений по материалу модуля в целом.

Рубежный контроль проводится в форме тестового опроса или в виде письменного блиц - опроса по 10 вопросам, требующим краткого ответа. Каждый вопрос оценивает как часть от максимального балла, назначенного на рубежный контроль. Вопросы охватывают материал целого модуля и также включают темы лекционных занятий и самостоятельной работы.

По результатам суммарного текущего контроля по всем видам учебной деятельности и рубежного контроля выставляется промежуточный контроль.

**Итоговый контроль** – форма контроля, проводимая по завершении изучения дисциплины в семестре.

Итоговый контроль в 3 и 4 семестрах проводится в форме зачетов.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### Основная литература:

1. Макроскопическая электродинамика. Методические указания. Уфа, БашГУ, 2002, 32с. Составители: Шамсутдинов М.А., Харисов А.Т.

#### Дополнительная литература:

1. Бредов М.М., Румянцев В.В., Топтыгин И.Н. Классическая электродинамика. СПб.: Лань, 2005, 400 с.
2. Игнатов А.М., Рухадзе А.А. О неоднозначности определения магнитной проницаемости материаль-



- ных сред. УФН, 1981, т.135, с.171.
3. Голубков А.А., Макаров В.А. Граничные условия для электромагнитного поля на поверхности сред со слабой пространственной дисперсией. УФН, 1995, т.165, вып.3, с.339.
  4. Киржниц Д.А. Общие свойства электромагнитных функций отклика. УФН, 1987, т.152, вып.3, с.399.
  5. Киржниц Д.А. Всегда ли справедливы соотношения Крамерса-Кронига для диэлектрической проницаемости? УФН, 1976, т.119, вып.2, с.357.
  6. Долгов О.В., Максимов Е.Г. Эффекты локального поля и нарушение соотношений Крамерса-Кронига для диэлектрической проницаемости. УФН, 1981, т.135, с.441.
  7. Сивухин Д.В. О международной системе физических величин. УФН, 1979, т.129, вып.2, с.335.
  8. Сена Л.А. Обозначения, единицы измерения и терминология в физике. УФН, 1979, т.129, с.290.
  9. Виноградов А.П. К вопросу о форме материальных уравнений в электродинамике. УФН, 2002, т.172, №3, с.363.

## **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. <http://ufn.ru/ru/articles/>
2. <http://www.jetp.ac.ru/cgi-bin/r/index>
3. <http://journals.ioffe.ru/journals/1#EVersion>
4. <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm>

### **1. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Аудитория 224	Лекции	Доска, мел, мультимедийный проектор, экран
учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитории № 219а или № 324 или № 318 или № 224 (физмат корпус)	Практические занятия	Доска, мел, сборники задач, калькулятор
Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (монитор) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.
Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Макроскопическая электродинамика» на 3-4 семестр

очная

форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	2/72 2/72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	24,7 24,3
лекций	12 -
практических/ семинарских	
лабораторных	12 24
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	0,7 0,2
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	47,3 47,8
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	- -

Форма (ы) контроля:

зачет 3 семестр

зачет 4 семестр

### 3 семестр

№№ п. п.	Тема и содержание	Форма изучения материалов (лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа)	Кол-во часов	Основная и дополнительная литература (с указанием номеров глав и параграфов), рекомендуемая студентам	Задания по самостоятельной работе студентов с указанием литературы, номеров задач с указанием литературы, номеров задач	Кол-во часов	Формы контроля самостоятельной работы студентов (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Микроскопические и макроскопические поля. Уравнения Максвелла. Материальные уравнения. Различные формы записи уравнений Максвелла.	ЛК ЛБ	2 2	1. §1-2 2. §75	3. Задача 1	14	Собеседование
2	Соотношения единиц измерения некоторых физических величин в СИ и в гауссовой системе. Перевод выражений и формул из гауссовой системы в СИ и обратно. Понятие о временной и пространственной дисперсии. Материальные среды в переменных и неоднородных полях.	ЛК ЛБ	2 4	1. с.238, §3 2. §77,79 16. 17. 18.	3. Задача 2	14	Собеседование
3	Свойства тензора диэлектрической проницаемости $\tilde{\epsilon}_{ij}(\mathbf{k}, \omega)$ . Комплексный характер тензора $\tilde{\epsilon}_{ij}(\mathbf{k}, \omega)$ . Соотношения симметрии Онсагера. Понятие о гиротропных и негиротропных средах. Примеры определения функций линейной реакции и их фурье-компонент. Соотношения Крамерса-Кронига. Связь различных материальных тензоров между собой. Обобщённая диэлектрическая проницаемость $\tilde{\epsilon}_{ij}$ и обобщенная проводимость $\tilde{\sigma}_{ij}$ . Тензор $\tilde{\epsilon}_{ij}$ и его связь с диэлектрической $\epsilon_{ij}$ и магнитной $\mu_{ij}$ проницаемостями. Функции линейной реакции $\epsilon$ и $\epsilon^{-1}$ . Магнитные восприимчивости $\chi^H$ и $\chi^B$ .	ЛК ЛБ	2 2	1. §4-5 2. §78,82 19.		16	Собеседование
4	Поглощение электромагнитной энергии в среде с дисперсией. Нормальные электромагнитные волны в среде с дисперсией. Уравнения	ЛК ЛБ	2 2	1. §6-7 2. §83-85	3. Задачи 3, 4	16	Собеседование

	для электромагнитных волн в среде. Дисперсионное уравнение для нормальных электромагнитных волн. Различные постановки задачи о нормальных электромагнитных волнах. Декремент затухания волны и глубина затухания поля.						
5	Изотропная негиротропная среда. Структура материальных тензоров. Нормальные электромагнитные волны. О введении магнитной проницаемости в материальных средах. Анизотропная негиротропная среда со слабой пространственной дисперсией. Структура материальных тензоров. Анизотропия оптических свойств кубических кристаллов.	ЛК ЛБ	2 4	1. §8-9 2. §100, 96-99, 103, 105-106	3. Задачи 5–8	24	Прием задач
		<b>ИТОГО</b>	<b>10 12</b>			84	зачет

#### 4 семестр

№№ п. п.	Тема и содержание	Форма изучения материалов (лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа)	Кол-во часов	Основная и дополнительная литература (с указанием номеров глав и параграфов), рекомендуемая студентам	Задания по самостоятельной работе студентов с указанием литературы, номеров задач с указанием литературы, номеров задач	Кол-во часов	Формы контроля самостоятельной работы студентов (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	<p>Гиротропная среда со слабой пространственной дисперсией. Структура тензора <math>\tilde{\epsilon}_{ij}(\mathbf{k}, \omega)</math>. Нормальные электромагнитные волны. Вращение плоскости поляризации.</p> <p>Магнитополяризованные среды. Структура материальных тензоров. Магнитооптические эффекты. Роль взаимодействия магнитного поля волны со средой. Магнитополяризованная среда как бигиротропная среда.</p> <p>Энергия электромагнитного поля в среде с дисперсией. Баланс энергии для среды и электромагнитного поля. Плотность энергии и плотность потока энергии для почти монохроматического поля в прозрачной среде.</p>	ЛБ	4	1. §10,11,13 2. §104,101,80	3. Задачи 9–10	4	Собеседование
2.	<p>Модель среды и расчёт материальных уравнений.</p> <p>Неполярные диэлектрики. Модель упруго связанных электронов. Диэлектрическая проницаемость в периодическом поле. Поглощение и аномальная дисперсия. Локальное электрическое поле в поляризованной среде. Поправка Лоренц-Лоренца. Сдвиг резонансных частот. Нормальные электромагнитные волны. Поляритоны.</p> <p>Полярные диэлектрики. Дебаевская теория диэлектрической релаксации. Оценка времени релаксации.</p>	ЛБ	6	1. §14-16	3. Задача 11	4	Собеседование
3.	Проводники в переменных полях. Ди-	ЛБ	4	1. §17,22	3. Задачи 12–13	4	Собеседование

	электрическая проницаемость. Проводимость. Парамагнетики в переменных полях. Магнитная восприимчивость. Магнитный резонанс. Электромагнитные волны в парамагнетиках. Магнитное двупреломление и дихроизм.			2. §101			
4.	Ферромагнитные среды. Пространственная дисперсия. Неоднородный резонанс. Спиновые волны.	ЛБ	4	1. §23		4	Прием задач
		<b>ИТОГО</b>	<b>18</b>			<b>16</b>	<b>зачет</b>