

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:
на заседании кафедры теоретической физики
протокол № 9 от 29.06.2017

Зав. кафедрой  Вахитов Р.М.

Согласовано:
Председатель УМК ФТИ

 /Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

дисциплина **Б1.В.ДВ.8.3 «Макроскопическая электродинамика»**
(наименование дисциплины)

Вариативная часть, дисциплина по выбору
(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))

программа магистратуры

Направление подготовки

03.04.02 – Физика
(наименование ООП ВПО направления подготовки или специальности с указанием кода)

Профиль подготовки

Физика конденсированного состояния вещества

Квалификация
магистр

Разработчик (составитель)

профессор, д.ф.-м.н., профессор
(должность, ученая степень, ученое звание)



Харрасов М.Х.
(подпись, Фамилия И.О.)

Для приема: 2017 г.

Уфа 2017

Составитель / составители: д.ф.-м.н., профессор Харрасов М.Х.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики протокол № 9 от 29.06.2017

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры теоретической физики: актуализирована обязательная и дополнительная литература. протокол № 6 от 25.05.2018

Заведующий кафедрой



/ Вахитов Р.М. /

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) - <i>(Приложение №1)</i>	5 (10)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	5
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	5
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	6
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	8
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	8
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	8
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	9

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Основной целью спецкурса «Макроскопическая электродинамика» для магистрантов является изучение электромагнитных явлений в материальных средах, находящихся под воздействием существенно переменных и неоднородных электромагнитных полей.

Данная дисциплина способствует формированию следующих компетенций, предусмотренных ФГОС:

а) общекультурные (ОК):

– способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);

б) профессиональные (ПК):

– способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта (ПК-1);

– способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2);

– способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно технологической деятельности (ПК-3).

Табл. 1

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Знать основные представления теории временной и пространственной дисперсии в различных средах	ПК-1	
	2. Знать основные уравнения макроскопической электродинамики в различных классах материальных сред	ПК-2	
Умения	1. Уметь рассчитывать спектр нормальных электромагнитных волн в различных средах	ПК-2	
	2. Уметь переводить электромагнитные физические величины из гауссовой системы единиц в СИ и обратно	ПК-2	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть методикой аналитического и численного расчета реальных физических процессов в материальных средах, находящихся под воздействием существенно переменных и неоднородных электромагнитных полей	ПК-3	
	2. Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)	ОК-1	

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная учебная дисциплина входит в раздел «Б1.В.ДВ. Вариативная часть, дисциплина по выбору» ФГОС ВО.

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 с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

а) общекультурные (ОК):

– способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);

б) профессиональные (ПК):

– способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта (ПК-1);

– способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2);

– способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно технологической деятельности (ПК-3).

Табл. 1

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Знать основные представления теории временной и пространственной дисперсии в различных средах	ПК-1	

	2. Знать основные уравнения макроскопической электродинамики в различных классах материальных сред	ПК-2	
Умения	1. Уметь рассчитывать спектр нормальных электромагнитных волн в различных средах	ПК-2	
	2. Уметь переводить электромагнитные физические величины из гауссовой системы единиц в СИ и обратно	ПК-2	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть методикой аналитического и численного расчета реальных физических процессов в материальных средах, находящихся под воздействием существенно переменных и неоднородных электромагнитных полей	ПК-3	
	2. Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)	ОК-1	

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

а) общекультурные (ОК):

– способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);

б) профессиональные (ПК):

– способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта (ПК-1);

– способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2);

– способность принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно технологической деятельности (ПК-3).

Табл. 1

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Знать основные представления теории временной и пространственной дисперсии в различных средах	ПК-1	

	2. Знать основные уравнения макроскопической электродинамики в различных классах материальных сред	ПК-2	
Умения	1. Уметь рассчитывать спектр нормальных электромагнитных волн в различных средах	ПК-2	
	2. Уметь переводить электромагнитные физические величины из гауссовой системы единиц в СИ и обратно	ПК-2	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть методикой аналитического и численного расчета реальных физических процессов в материальных средах, находящихся под воздействием существенно переменных и неоднородных электромагнитных полей	ПК-3	
	2. Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)	ОК-1	

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 изуче-

ния дисциплины в семестре.

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

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 $\tilde{\varepsilon}_{ij}(\mathbf{k}, \omega)$.
5. Примеры определения функций линейной реакции и их фурье-компонент.
6. Связь различных материальных тензоров между собой.
7. Функции линейной реакции ε и ε^{-1} , μ и μ^{-1} . Магнитные восприимчивости χ^H и χ^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 $\partial \mathbf{P} / \partial t = 0$ 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

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

5. Применив (0) к частному случаю

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

показать, что оно распадается на два уравнения:

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

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

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

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 μ 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 μ 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 $\det \tilde{\varepsilon}_{ij}(k, \omega) = 0$. 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 \mathbf{D} эквивалентен введению в системе ВЕНД магнитногиротропной добавки к μ_{ij}^{-1} , в результате чего

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

11. Рассчитать диэлектрическую проницаемость $\varepsilon(\omega)$ 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 $\varepsilon_{ij} = \delta_{ij}$, $\mu_{ij} = \delta_{ij} + 4\pi\chi_{ij}$, 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 τ – 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 χ и G , выделить их действительные и мнимые части.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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

а) основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М.: Наука, 1992, 664с.
2. Макроскопическая электродинамика. Методические указания. Уфа, БашГУ, 2002, 32с. Составители: Шамсутдинов М.А., Харисов А.Т.

б) дополнительная литература:

3. Бредов М.М., Румянцев В.В., Топтыгин И.Н. Классическая электродинамика. СПб.: Лань, 2005, 400 с.
4. Игнатов А.М., Рухадзе А.А. О неоднозначности определения магнитной проницаемости материальных сред. УФН, 1981, т.135, с.171.
5. 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.
6. Киржниц Д.А. Общие свойства электромагнитных функций отклика. УФН, 1987, т.152, вып.3, с.399.

7. Киржниц Д.А. Всегда ли справедливы соотношения Крамерса-Кронига для диэлектрической проницаемости? УФН, 1976, т.119, вып.2, с.357.
8. Долгов О.В., Максимов Е.Г. Эффекты локального поля и нарушение соотношений Крамерса-Кронига для диэлектрической проницаемости. УФН, 1981, т.135, с.441.
9. Сивухин Д.В. О международной системе физических величин. УФН, 1979, т.129, вып.2, с.335.
10. Сена Л.А. Обозначения, единицы измерения и терминология в физике. УФН, 1979, т.129, с.290.
11. 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

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>

6. 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
учебная аудитория № 219а или № 224 (физмат корпус)	Лекции	Доска, компьютер, мультимедийный проектор, экран
учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитория № 219а или № 324 или № 318 или № 224 (физмат корпус)	Практические и лабораторные занятия	Доска, мел, сборники задач, калькулятор, компьютеры
Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 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

по дисциплине Макроскопическая электродинамика на 3-4 семестр

Разбиение общего числа часов по видам учебных занятий с указанием их объемов приведено в таблице 2
 Табл. 2

Вид работы	Семестр № <u>3</u> . Количество часов	Семестр № <u>4</u> . Количество часов
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108	1/36
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	22,7	18,2
лекций	10	0
практических/ семинарских		0
лабораторных	12	18
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	0,7	0,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	85,3	17,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	0	0

Форма(ы) контроля:
 зачет 3 семестр
 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
3 семестр							
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 обобщённая проводимость $\tilde{\sigma}_{ij}$. Тензор $\tilde{\epsilon}_{ij}$ и его связь с диэлектрической ϵ_{ij} и магнитной μ_{ij} проницаемостями. Функции линейной реакции ϵ и ϵ^{-1} . Магнитные восприимчивости χ^H и χ^B .	ЛК ЛБ	2 2	1. §4-5 2. §78,82 19.		16	Собеседование
4.	Поглощение электромагнитной энергии в	ЛК	2	1. §6-7	3. Задачи 3, 4	16	Собеседование

	среде с дисперсией. Нормальные электромагнитные волны в среде с дисперсией. Уравнения 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.	ЛБ	2	2. §83-85			
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
		ИТОГО	10 12			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
6.	Гиротропная среда со слабой пространственной дисперсией. Структура тензора $\tilde{\epsilon}_{ij}(\mathbf{k}, \omega)$. Нормальные электромагнитные волны. Вращение плоскости поляризации. Магнитополяризованные среды. Структура материальных тензоров. Магнитооптические эффекты. Роль взаимодействия магнитного поля волны со средой. Магнитополяризованная среда как бигиротропная среда. Энергия электромагнитного поля в среде с дисперсией. Баланс энергии для среды и	ЛБ	4	1. §10,11,13 2. §104,101,80	3. Задачи 9–10	4	Собеседование

	электромагнитного поля. Плотность энергии и плотность потока энергии для почти монохроматического поля в прозрачной среде.						
7.	Модель среды и расчёт материальных уравнений. 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. Полярные диэлектрики. Дебаевская теория диэлектрической релаксации. Оценка времени релаксации.	ЛБ	6	1. §14-16	3. Задача 11	4	Собеседование
8.	Проводники в переменных полях. Диэлектрическая проницаемость. Проводимость. Парамагнетики в переменных полях. Магнитная восприимчивость. Магнитный резонанс. Электромагнитные волны в парамагнетиках. Магнитное двупреломление и дихроизм.	ЛБ	4	1. §17,22 2. §101	3. Задачи 12–13	4	Собеседование
9.	Ферромагнитные среды. Пространственная дисперсия. Неоднородный резонанс. Спиновые волны.	ЛБ	4	1. §23		4	Прием задач
		ИТОГО	18			16	зачет