

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО

НТС ЛАПЛАЗ Протокол №1/04-577 от 27.04.2023 г.

НТС ИФИБ Протокол №3 от 11.05.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**МАКРОСКОПИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА**

Направление подготовки  
(специальность)

- [1] 03.03.02 Физика  
[2] 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии  
[3] 16.03.02 Высокотехнологические плазменные и энергетические установки  
[4] 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП	
7	2-4	72-144	32	16	0		24-42	0	3, Э
Итого	2-4	72-144	32	16	0	0	24-42	0	

## АННОТАЦИЯ

Курс построен на основе классического учебника Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица и включает изложение приложения классической электродинамики и статистической механики к описанию электромагнитных явлений в макроскопических средах. Изложение и объем материала рассчитаны на подготовку специалистов, занимающихся исследовательской работой в экспериментальной и теоретической физике.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель данного курса – познакомить студентов с основными положениями и методами классической электродинамики конденсированного состояния (электродинамики сплошных сред) в объеме, необходимом для понимания современных научных результатов относящихся как к собственно к электродинамике, так и, более широко, к физике конденсированного состояния.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Учебно-методический комплекс по макроскопической электродинамике предназначен для студентов.

Знания, полученные при изучении курса, необходимы практически во всех областях современной физики, связанных с исследованием электрических и термодинамических свойств макроскопических тел.

С другой стороны, курс макроскопической электродинамики является завершающим в цикле курсов теоретической физики, читаемых студентам Института лазерных и плазменных технологий НИЯУ МИФИ, поэтому для его освоения используется практически весь арсенал знаний и навыков по разделам теоретической физики, изучаемым на 4-7 семестрах.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 [3] – Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	З-ОПК-1 [3] – Знать фундаментальные законы природы и основные и основные законы естественнонаучных дисциплин У-ОПК-1 [3] – Уметь использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности; применять изученные закономерности к решению физических задач и анализировать полученные решения В-ОПК-1 [3] – Владеть умением выводить основные соотношения между физическими величинами, следующие из постулатов теории или из результатов

	эксперимента; умением применить основные законы естественнонаучных дисциплин при решении задач; анализировать полученные решения задач в профессиональной деятельности; проводить численные вычисления с требуемой степенью точности;
ОПК-1 [2] – Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники	З-ОПК-1 [2] – Знать основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин и методы математического анализа. У-ОПК-1 [2] – Уметь применять знания основных законов естественнонаучных и инженерных дисциплин, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники. В-ОПК-1 [2] – Владеть основными методами, способами и приемами решения типичных задач естественнонаучных, общих математических и инженерных дисциплин.
ОПК-1 [1] – Способен применять базовые знания в области физико - математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	З-ОПК-1 [1] – знать фундаментальные основы, полученные в области естественных и математических наук. У-ОПК-1 [1] – уметь использовать на практике базовые знания, полученные в области естественных и математических наук; применять для анализа и обработки результатов физических экспериментов. В-ОПК-1 [1] – владеть навыками обобщения, синтеза и анализа базовых знаний, полученных в области естественных и математических наук, владеть научным мировоззрением
ОПК-1 [4] – Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики	З-ОПК-1 [4] – Знать основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин и методы математического анализа. У-ОПК-1 [4] – Уметь применять знания основных законов естественнонаучных и инженерных дисциплин, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики В-ОПК-1 [4] – Владеть методами, способами и приемами решения типичных задач естественнонаучных, общих математических и инженерных дисциплин.
ОПК-2 [3] – Способен применять методы математического анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе	З-ОПК-2 [3] – Знать основные понятия и методы математического, векторного и тезорного анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности

<p>профессиональной деятельности</p>	<p>У-ОПК-2 [3] – Уметь решать типовые задачи, возникающие в ходе профессиональной деятельности методами математического, векторного и тезорного анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности В-ОПК-2 [3] – Владеть методами математического, векторного и тезорного анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности</p>
<p>ОПК-3 [3] – Способен самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней</p>	<p>З-ОПК-3 [3] – Знать основы и принципы работы современной физической, аналитической и технологической аппаратуры различного назначения и правила безопасной работы с ней; У-ОПК-3 [3] – Уметь работать на современной физической, аналитической и технологической аппаратуре различного назначения; анализировать результаты, полученные с помощью аналитической и измерительной аппаратуры В-ОПК-3 [3] – Владеть навыком работы на современной физической, аналитической и технологической аппаратуре различного назначения</p>
<p>ОПК-4 [3] – Способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области разработок высокотехнологических плазменных и энергетических установок, учитывать современные тенденции развития ионно-плазменной техники в своей профессиональной деятельности</p>	<p>З-ОПК-4 [3] – Знать теоретические и экспериментальные основы в избранной области высокотехнологических плазменных и энергетических установок; современные тенденции развития ионно-плазменной техники У-ОПК-4 [3] – Уметь использовать полученные теоретические и экспериментальные знания для решения физических задач в области высокотехнологических плазменных и энергетических установок; определять параметры низкотемпературной и лазерной плазмы, рассчитывать основные параметры плазменных систем. В-ОПК-4 [3] – Владеть навыком определения и расчета параметров низкотемпературной и лазерной плазмы, ЛТС и УТС; принципами экспериментальных исследований и основ теоретических расчетов в избранной области высокотехнологических плазменных и энергетических установок</p>
<p>УК-1 [2, 4] – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p>В-УК-1 [2, 4] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач У-УК-1 [2, 4] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников З-УК-1 [2, 4] – Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные</p>

источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
освоение методов, а также теорий и моделей, используемых в научных исследованиях	биологические объекты различной организации, источники ионизирующих излучений	ПК-1 [1] - Способен использовать профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-1[1] - знать основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории физики, основные методы теоретического и экспериментального исследования, методы измерения различных физических величин ; У-ПК-1[1] - уметь разбираться в физических принципах, используемых в изучаемых специальных дисциплинах, решать физические задачи применительно к изучаемым специальным дисциплинам и прикладным проблемам будущей специальности; В-ПК-1[1] - владеть методами проведения физических измерений с оценкой погрешностей , а также методами физического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов

<p>участие в проведении физических исследований по заданной тематике, обработка полученных результатов на современном уровне</p>	<p>биологические объекты различной организации, источники ионизирующих излучений</p>	<p>ПК-2 [1] - Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>3-ПК-2[1] - знать основные современные методы и средства научного исследования, современную приборную базу (в том числе сложное физическое оборудование); теоретические основы и базовые представления научного исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований, основные закономерности формирования результатов эксперимента ; У-ПК-2[1] - уметь самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в выбранной области и решать их с помощью современной приборной базы и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта; уметь проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и(или) теоретических физических исследований, анализировать результат, полученный в ходе проведения эксперимента; оценивать изменения в выбранной области, связанные с новыми разработками, с помощью информационных</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			<p>технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта; В-ПК-2[1] - владеть необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников в избранной области исследования, навыками проведения теоретических, экспериментальных и практических исследований с использованием современных программных средств, инновационных и информационных технологий, навыками работы со стандартной измерительной аппаратурой и экспериментальными установками, навыками работы на современной аппаратуре и оборудовании для выполнения физических исследований с применением современных компьютерных технологий</p>
--	--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы

		<p>общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.</p>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований.</li> </ul> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;</li> <li>- формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.</li> </ul>

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:





							ОПК-2, 3-ОПК-3, У-ОПК-3, В-ОПК-3, 3-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
2	Второй раздел	9-16	16/8/0		25	КИ-16	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, 3-ОПК-1, У-ОПК-

							1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3- ОПК- 3, У- ОПК- 3, В- ОПК- 3, 3- ОПК- 4, У- ОПК- 4, В- ОПК- 4, 3-ПК- 1, У-
--	--	--	--	--	--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



							3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3- ОПК- 3, У- ОПК- 3, В- ОПК- 3, 3- ОПК- 4, У- ОПК- 4, В- ОПК- 4, 3-ПК- 1, У- ПК-1, В- ПК-1, 3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В-
--	--	--	--	--	--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

							ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3- ОПК- 3, У- ОПК- 3, В- ОПК- 3, 3- ОПК- 4, У- ОПК-
--	--	--	--	--	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

							4, В- ОПК- 4, 3-ПК- 1, У- ПК-1, В- ПК-1, 3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-1
--	--	--	--	--	--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	32	16	0
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	16	8	0
1	<b>Плотность микротоков в веществе при больших частотах. Усреднение микроскопических уравнений.</b> Основой феноменологического подхода макроэлектродинамики является усреднение микроскопических уравнений Максвелла. Подробно проводится процедура усреднения всех необходимых выражений, включая также плотности заряда и тока. Особое внимание уделяется так называемым условиям сшивки, граничным условиям при усреднении.	Всего аудиторных часов		
		3	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Микроскопическое описание поля. Диэлектрическая проницаемость. Частотная и пространственная</b>	Всего аудиторных часов		
		3	2	0

	<p><b>дисперсии. Уравнения макроскопической электродинамики.</b></p> <p>Рассматриваются особенности микроскопического описания электромагнитного поля в веществе. Вводится понятие диэлектрической проницаемости среды. При анализе функционального поведения диэлектрической проницаемости обнаруживается её зависимость от частоты и рассматриваемой точки пространства - явление дисперсии. Усреднённые уравнения Максвелла дополняются материальными уравнениями, что даёт полный набор уравнений макроскопической электродинамики.</p>	Онлайн		
		0	0	0
3	<p><b>Ориентационная и деформационная поляризация вещества. Эффективное действующее на молекулу в поле.</b></p> <p>Рассматривается поведение диэлектриков во внешнем электрическом поле. Особое внимание уделяется явлению поляризации диэлектрика за счёт смещения электронов (деформационная поляризация) и за счёт разворота диполей (ориентационная поляризация).</p>	Всего аудиторных часов		
		3	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	<p><b>Проводимость металлов, полупроводников, диэлектриков. Скин-эффект.</b></p> <p>Проводится классификация веществ по типу проводимости. Рассматриваются проводники, пироэлектрики (сегнетоэлектрики), магнетики, ферромагнетики. Для каждого типа веществ проводится подробный анализ возможности существования электрических и магнитных полей внутри и вне вещества, граничные условия на поверхности, а также эффекты, возникающие на границе соприкосновения веществ различных типов. Рассматривается приповерхностное течение токов - скин-эффект.</p>	Всего аудиторных часов		
		3	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	<p><b>Сверхпроводимость. Уравнения Гинзбурга-Ландау. Эффект Джозефсона.</b></p> <p>Подробно рассматривается явление сверхпроводимости. Проводится анализ условий, допускающих возникновение этого явления, вычисляется соответствующая плотность тока, а также явление выталкивания поля наружу сверхпроводящим образцом - эффект Мейсснера. Отдельно рассматривается эффект Джозефсона, вводится понятие джозефсоновских контактов. Рассматривается феноменологическая теория сверхпроводимости, в рамках которой выводятся уравнения Гинзбурга-Ландау для фазовых переходов второго порядка.</p>	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	<p><b>Электромагнитные волны в изотропном веществе и в кристалле.</b></p> <p>Рассматривается процесс распространения электромагнитных волн в веществе на примере изотропного вещества и кристалла. Выводится выражение для дисперсии - изменения частоты электромагнитной волны по мере её распространения в определённом направлении в веществе.</p>	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0



9-16	<b>Второй раздел</b>	16	8	0
9	<b>Отражение и преломление волн.</b> Рассматривается модель полубесконечного пространства для описания граничных явлений у поверхности вещества. Результатом анализа условий сшивки внутреннего и внешнего решений на границе становится получение коэффициента зеркальности, характеризующего тип взаимодействия электромагнитных волн с поверхностью вещества.	Всего аудиторных часов		
		3	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10 - 11	<b>Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах.</b> С точки зрения макроэлектродинамики, кристаллы представляются собой трёхмерную, периодически неоднородную структуру. Распространение электромагнитной волны через такое вещество приводит к явлению дифракции. Рассматривается задача о дифракции рентгеновских лучей на кристаллах, получившая широкое практическое применение в изучении структуры кристаллов.	Всего аудиторных часов		
		3	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	<b>Рассеяние электромагнитных волн.</b> Рассматривается процесс рассеяния электромагнитных волн в изотропной среде без изменения частоты - рэлеевское рассеяние. Выводится выражение для коэффициента экстинкции вещества.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	<b>Поляризационные потери энергии быстрой частицы. Образование продольных волн. Излучение Вавилова-Черенкова.</b> Рассматривается равномерно летящая частица, движущаяся в среде. В предположении о бесконечности пространства задачи решается система уравнений макроэлектродинамики с помощью метода Фурье. Подробно выводится и анализируется выражение для излучения энергии частицей на единицу пройденного ей пути. Действительная часть полученного выражения описывает излучение Вавилова-Черенкова.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	<b>Тормозное излучение заряда в веществе.</b> Рассматривается равномерно летящая частица, движущаяся в среде. В предположении о бесконечности пространства задачи решается система уравнений макроэлектродинамики с помощью метода Фурье. Подробно выводится и анализируется выражение для излучения энергии частицей на единицу пройденного ей пути. Мнимая часть полученного выражения описывает тормозное излучение.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	<b>Переходное излучение.</b> Отдельно рассматривается задача о прохождении заряженной частицы через границу соприкосновения двух различных веществ. За счёт того, что две среды имеют разные показатели преломления, частица будет испытывать скачок потенциала и производить так называемое переходное излучение.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	<b>Понятие о нелинейных явлениях в макроскопической электродинамике.</b>	Всего аудиторных часов		
		2	1	0

Везде ранее при рассмотрении электромагнитных явлений в среде предполагалась возможность усреднить микроскопические уравнения Максвелла за счёт слабых возможных неоднородностей и низких частот изменения внешних электромагнитных полей. При выходе за рамки этих условий линеаризованная модель оказывается неприменимой. Рассматриваются в общем виде основы нелинейной макроэлектродинамики.	Онлайн		
	0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В курсе макроскопической электродинамики используются традиционные образовательные технологии: лекции, семинарские занятия с разбором задач и примеров.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ОПК-1	З-ОПК-1	З, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-1	З, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-1	З, Э, КИ-8, КИ-16
ОПК-2	З-ОПК-2	З, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-2	З, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-2	З, Э, КИ-8, КИ-16
ОПК-3	З-ОПК-3	З, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-3	З, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-3	З, Э, КИ-8, КИ-16
ОПК-4	З-ОПК-4	З, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-4	З, Э, КИ-8, КИ-16

	В-ОПК-4	З, Э, КИ-8, КИ-16
УК-1	З-УК-1	З, Э, КИ-8, КИ-16
	У-УК-1	З, Э, КИ-8, КИ-16
	В-УК-1	З, Э, КИ-8, КИ-16
ОПК-1	З-ОПК-1	З, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-1	З, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-1	З, Э, КИ-8, КИ-16
	З-ОПК-1	З, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-1	З, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-1	З, Э, КИ-8, КИ-16
ПК-1	З-ПК-1	З, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1	З, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1	З, Э, КИ-8, КИ-16
ПК-2	З-ПК-2	З, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-2	З, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-2	З, Э, КИ-8, КИ-16
ОПК-1	З-ОПК-1	З, Э, КИ-8, КИ-16
	У-ОПК-1	З, Э, КИ-8, КИ-16
	В-ОПК-1	З, Э, КИ-8, КИ-16

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения
60-64			

			логической последовательности в изложении программного материала.
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Б 28 Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности : , Санкт-Петербург: Лань, 2021
2. ЭИ Т 33 Теоретическая физика Т. 8 Электродинамика сплошных сред, : , 2005
3. 537 А47 Сборник задач по классической электродинамике : учебное пособие, А. И. Алексеев , Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2008

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 53 Л22 Теоретическая физика Т.8 Электродинамика сплошных сред, , М.: Физматлит, 2001

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## 10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Методические рекомендации по освоению теоретического материала.

Для успешного изучения курса необходимо придерживаться определенной методики занятий. Основное условие успеха — систематические занятия.

Для успешного освоения теоретической части курса необходимо регулярно посещать лекции и вести конспект. После каждой лекции следует внимательно разбирать лекционный материал, причём при необходимости следует проделывать некоторые дополнительные выкладки, если такие были оставлены лектором для самостоятельной работы. Перед началом каждой лекции имеет смысл просмотреть конспект, чтобы усвоение нового материала проходило лучше, так как в большинстве случаев изложение опирается на материал, прочитанный на предыдущих занятиях.

Для полного освоения курса недостаточно изучать лишь лекционный материал. В ходе освоения курса следует читать книги, предложенные в списке литературы по курсу. Настоятельно рекомендуется также использовать литературу, обозначенную как «дополнительная», а также самостоятельно или с помощью преподавателя искать и другие источники. При работе с литературой почти бесполезно только читать предложенный материал. Следует проделывать все или хотя бы основные выкладки. Важно осознавать, что только самостоятельно проделанные выкладки приводят к пониманию материала. Все, что осталось непонятым, следует спросить у преподавателя на ближайшем занятии. Если даже целый раздел остался неясным, это не показатель ваших способностей; скорее всего вы еще не начали задавать вопросы себе и другим. А изучить теоретическую физику без вопросов: зачем?, почему?, откуда? — невозможно. То же касается и разбора лекционного материала.

Методические рекомендации для подготовки к семинарским занятиям и решению задач.

Программа курса и семестровый календарный план составлены так, что темы семинарских занятий следуют за темами лекций. И программа курса, и семестровый календарный план доступны каждому студенту на сайте учебного управления университета. Под-готовиться к очередному семинарскому занятию - это, прежде всего, проработать лекционный материал, согласно методическим рекомендациям, данным выше. Все невыясненные вопросы теории можно (и нужно) задать преподавателю в начале семинарского занятия. На семинаре, как правило, разбираются вопросы и качественные задачи, дающие возможность более глубоко постичь изучаемый раздел курса. Кроме того, на семинаре учат пра-вильно ставить и решать задачи, анализировать решение задач. По пройденной на семинаре теме даются задачи для самостоятельного (домашнего) решения. Усвоение курса во многом зависит от осмысленного выполнения домашнего задания, вдумчивого решения большого количества задач.

При решении задач целесообразно руководствоваться следующими правилами.

Прежде всего нужно хорошо вникнуть в условие задачи, записать кратко ее усло-вие.

Следует прикинуть, какие основные законы и уравнения и в каких приближениях следует использовать и записать их, после чего попытаться решить.

Задача должна быть сначала решена в максимально общем виде.

Получив решение в общем виде, нужно проверить, правильную ли оно имеет раз-мерность.

Если это возможно, исследовать поведение решения в предельных случаях и изобразить характер изучаемой зависимости графически.

Если возможно, при получении того или иного результата, следует указать границы его применимости.

Решение задач принесет наибольшую пользу только в том случае, если вы решаете задачи самостоятельно. Решить задачу без помощи, без подсказки часто бывает нелегко и не всегда удается. Но даже не увенчавшиеся успехом попытки найти решение, если они предпринимались достаточно настойчиво, приносят ощутимую пользу, так как развивают мышление и укрепляют волю. Не следует бояться непривычно длинных математических выкладок, т.к. подобные «длинные» задачи приближены к реальным задачам, с которыми вы можете столкнуться в будущем в научной или другой работе.

Не следует смущаться тем, что некоторые задачи не решаются «с ходу». Достоверно установлено, что процесс творчества в области точных наук (а решение задач есть вид творчества) протекает по следующей схеме. Сначала идет подготовительная стадия, в ходе которой ученый настойчиво ищет решение проблемы. Если решение найти не удается и проблема оставлена, наступает вторая стадия (стадия инкубации) — ученый не думает о проблеме и занимается другими вопросами. Однако в подсознании продолжается скрытая работа мысли, которая часто приводит в конечном итоге к третьей стадии - внезапному озарению и получению требуемого решения. Нужно иметь в виду, что стадия инкубации не возникает сама собой - для того чтобы пустить в ход машину бессознательного, необходима настойчивая интенсивная работа в ходе подготовительной стадии.

Решение задач, как мы уже отмечали, есть также вид творчества и подчиняется тем же закономерностям, что и работа ученого над научной проблемой. Правда, в некоторых случаях, вторая стадия - стадия инкубации - может быть выражена настолько слабо, что остается незамеченной.

Из сказанного вытекает, что решение задач ни в коем случае не следует откладывать на последний вечер перед занятиями, как, к сожалению, нередко поступают студенты. В этом случае более сложные и притом наиболее содержательные и полезные задачи заведомо не могут быть решены.

Над заданными «на дом» задачами надо начинать думать как можно раньше, создавая условия для реализации стадии инкубации.

В рекомендуемых сборниках задач, в разделе, который следует за ответами, содержатся указания к решению более трудных задач. Обращаться к ним нужно лишь после того, как несколько попыток решить задачу не приведут к успеху.

Методические рекомендации для подготовки к контрольным и проверочным работам.

Контрольные работы проводятся для проверки качества усвоения материала и выполнения домашних заданий студентами. Они основываются строго на пройденном материале и не выходят за рамки излагаемого курса. Своевременное изучение лекционных материалов и выполнение домашних заданий гарантирует успешное выполнение контрольных и проверочных работ. При подготовке следует руководствоваться общепринятыми установками, т.е. повторить изученный материал, запомнить основные идеи, принципы и результаты курса. Не следует пытаться «вызубрить» материал, достаточно понять и запомнить логику вывода тех или иных результатов и решения задач и осознать их физический и математический смысл. При выполнении контрольной или проверочной работы необходимо записывать все основные шаги при решении задачи, не «перескакивая» к какому-то промежуточному или окончательному результату без каких-либо на то физических или математических обоснований.

Никаких особых требований к оформлению работ нет. Работа должна быть записана так, чтобы была понятна логика решения задач. Окончательный ответ необходимо выделить каким-либо способом так, чтобы проверяющему было понятно, что это и есть ответ к задаче.

## **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Проведение практических занятий и выполнение самостоятельных работ

Студенты должны, используя прослушанный на лекциях материал, научиться решать задачи по курсу. Следует использовать различные приемы вовлечения студентов в творческий процесс освоения учебного материала: опрос студентов по содержанию прочитанных лекций, вызов студентов к доске для решения текущих задач, самостоятельное решение задачи со сверкой промежуточных и конечного результатов решения, показ преподавателем на доске решения типовых задач, самостоятельные работы.

Организация контроля

Контроль знаний осуществляется и путем проведения контрольных или самостоятельных работ с последующей проверкой.

На основании этих результатов выставляется внутрисеместровый зачет.

Проведение зачетов и экзаменов

Для допуска к аттестации необходимо иметь положительные оценки по каждой теме. Во время аттестации студент получает индивидуальный билет и готовит ответы на вопросы по курсу.

Автор(ы):

Рогозкин Дмитрий Борисович, д.ф.-м.н., профессор

Рецензент(ы):

Муравьев Сергей Евгеньевич, к.ф.-м.н., доцент