

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»**  
**(Новосибирский государственный университет, НГУ)**

**Физический факультет**  
**Кафедра общей физики**



**Рабочая программа дисциплины**

**ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И ОПТИКА**

Направление подготовки: **03.03.01 Прикладные математика и физика**

Форма обучения

**Очная**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)					
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем				
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Прием заданий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен	
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	
4	216	64	64		12	46	18	8				4
Дисциплина «Электричество и магнетизм»: всего 216 часов/6 зачетных единиц из них: - контактная работа 152 часа Компетенции: ОПК-2												

Ответственный за образовательную программу

д.ф.-м.н., проф.

С. В. Цыбуля

**Новосибирск 2023**

## Содержание

<u>1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.</u> .....	3
<u>2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.</u> .....	4
<u>3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.</u> .....	5
<u>4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.</u> .....	5
<u>5. Перечень учебной литературы.</u> .....	11
<u>6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.</u>	12
<u>7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.</u> .....	12
<u>8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.</u> .....	12
<u>9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.</u> .....	12
<u>10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.</u> .....	13
<u>11. Аннотация.</u> .....	14

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

Дисциплина «Электродинамика и оптика», являясь продолжением дисциплины «Электричество и магнетизм», создает фундамент в системе физического образования для всего дальнейшего обучения студентов-физиков. Важность данного курса состоит в том, что, во-первых, в нем дается объяснение целому ряду ключевых физических явлений и экспериментов, а, во-вторых, этот курс создает необходимую основу для продвижения в область квантовых явлений и в других специальных разделах физики.

Курс содержит традиционные разделы электродинамики и оптики, посвященные волновым процессам, интерференционным и дифракционным явлениям, ковариантному описанию электромагнитного поля, а также процессам излучения и рассеяния электромагнитных волн. Знакомит студентов с основными законами и соответствующими уравнениями и имеет целью практически научить пользоваться простейшими теоретическими и экспериментальными методами исследований на базе полной системы уравнений Максвелла.

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p><b>ОПК-2.</b>Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные</p>	<p><b>ОПК - 2.1.</b> Применяет теоретические основы и базовые знания для проведения научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики.</p> <p><b>ОПК – 2.2.</b> Применяет современную приборную базу (в том числе сложное физическое оборудование) для организации научного исследования.</p> <p><b>ОПК – 2.3.</b> Применяет различные методы обработки и системы анализа экспериментальных данных.</p>	<p><b>Знать</b> основные законы электродинамики и оптики, с помощью которых описываются явления в области естественных наук: излучение атомов, строение твердых тел, их дифракционные свойства и другие явления; основные физические законы, описывающие изучаемый круг физических явлений, традиционные разделы электродинамики и оптики, посвященные волновым процессам, интерференционным и дифракционным явлениям, ковариантному описанию электромагнитного поля, а также процессам излучения и рассеяния электромагнитных волн.</p> <p><b>Уметь</b> применять полученные знания для решения научных и практических задач в области естественных наук, в соответствии с основными законами и уравнениями электродинамики, использовать простейшие теоретические и экспериментальные методы исследований.</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		<p>- пользоваться законами электродинамики для анализа физической сути изучаемых явлений, например, анализировать когерентные свойства волнового поля для интерференционных явлений; использовать приближенные граничные условия Кирхгофа для задач дифракции; формулировать постановку краевой задачи и строить простейшие решения, позволяющих наряду с распределением полей определить недостающие источники полей.</p> <p><b>Использовать</b> методы решения задач электродинамики и оптики</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Электродинамика и оптика» читается на 2 курсе физического факультета в четвертом семестре. Необходимыми предпосылками для успешного освоения дисциплины является следующее.

В цикле математических дисциплин: знание основ линейной алгебры и математического анализа, умение дифференцировать и интегрировать, разложить функцию трех переменных в ряд Тейлора, решать простейшие дифференциальные уравнения, владение элементами векторного анализа, включая хорошее понимание интегральных теорем Остроградского-Гаусса и Стокса.

В цикле общефизических дисциплин необходимыми предпосылками являются знание основ классической механики, молекулярной физики, специальной теории относительности и электромагнетизма.

В свою очередь, такие разделы курса электродинамики как описание электромагнитных полей в материальных средах, Фурье-представление уравнений Максвелла, энергия и импульс электромагнитного поля, интерференция и дифракция электромагнитных волн составляют необходимую основу для успешного изучения дисциплин «Аналитическая механика», «Физика сплошных сред» и «Квантовая механика», которые также являются базовой частью подготовки бакалавров-физиков и направлены на формирование общепрофессиональных компетенций.

В процессе обучения дисциплине «Электродинамика и оптика» студенты одновременно с изучением теории основных физических явлений во время лекций и семинаров имеют также

возможность исследовать их на практике при прохождении дисциплины «Практикум по физической оптике».

**3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.**

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)					
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем				
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Прием заданий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен	
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	
4	216	64	64		12	46	18	8				4
Дисциплина «Электричество и магнетизм»: всего 216 часов/6 зачетных единиц из них: - контактная работа 152 часа Компетенции: ОПК-2												

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, лабораторные работы, консультации, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий и контрольных работ, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: домашние задания, контрольные работы, выполнение лабораторных работ, обязательные задания для самостоятельного решения;
- промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часов.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, лабораторные занятия, групповые консультации, экзамен) составляет 152 часа.

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.**

Дисциплина «Электродинамика и оптика» читается в четвертом семестре второго курса и составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часов

**Структура и содержание дисциплины «Электродинамика и оптика» (6 зачетных единиц, 216 часов.)**

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Консультации перед экзаменом ( в часах)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы				Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)		
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Прием заданий			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Фурье-разложение электромагнитного поля. Соотношение неопределенностей. Уравнения Максвелла в Фурье - представлении.	1	5	2	2			1		
2	Частотная дисперсия. Фазовая и групповая скорости волны. Дисперсионное расплывание волнового пакета. Классическая теория дисперсии света в среде.	1	10	2	2		1	1		
3	Стоячие электромагнитные волны. Резонаторы. Собственные колебания и собственные частоты.	2	6	2	2			2		
4	Волноводы. ТЕ - и ТМ - волны. Критическая частота. Волновод как среда с дисперсией. ТЕМ - волна.	2	5	2	2			1		
5	Распространение волн в слабонеоднородной среде. Приближение геометрической оптики. Уравнение эйконала. Уравнение луча.	3	5	2	2			1		

	Принцип Ферма. Примеры решения уравнения луча.									
6	Преломление луча на сферической поверхности. Параксиальное приближение. Матричный метод расчета оптических систем. Тонкая линза. Теорема Лагранжа-Гельмгольца.	3	6	2	2		1	1		
7	Интерференция электромагнитных волн. Когерентность. Опыт Юнга. Видность. Роль размеров источника и ширины его спектра.	4	6	2	2			2		
8	Продольная и поперечная длины когерентности. Корреляционная функция случайного стационарного процесса как мера когерентности.	4	6	2	2		1	1		
9	Интерференция на тонких пленках. Локализация интерференционной картины. Полосы равного наклона и равной толщины. Опыт Поля.	5	9	2	1			2		
10	Дифракция электромагнитных волн, точная постановка задачи. Формальная теория дифракции на основе идеализованных граничных условий Кирхгофа.	5	5	2	1			2		
11	Проведение потоковой контрольной. Разбор, обсуждение и решение задач по пройденным темам.	5	4		2		1	1		

12	Интеграл Кирхгофа как математическое выражение принципа Гюйгенса-Френеля.	6	6	2	2			2		
13	Зоны Френеля. Параметр Френеля. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Зонная пластинка.	6	6	2	2		1	1		
14	Дифракционная решетка. Оптическая спектроскопия. Спектральное разрешение. Область свободной дисперсии.	7	5	2	2			1		
15	Интерферометры. Многолучевая интерферометрия. Интерферометр Фабри-Перо как прибор высокой разрешающей силы.	7	6	2	2			2		
16	Дифракционные ограничения оптических систем. Оптическая фильтрация изображений. Линза как Фурье-анализатор.	8	6	2	2			2		
17	Голография как метод полной регистрации оптической информации. Схемы Френеля и Фурье.	8	5	2	2			1		
18	Преобразование Лоренца. 4-векторы и 4-тензоры. Геометрия пространства времени. Метрический тензор.	9	5	2	1			2		
19	Ковариантные и контравариантные компоненты тензора. Эффект Доплера.	9	4	2	1			1		
20	Проведение потоковой контрольной. Разбор, обсуждение и решение задач по пройденным темам.	9	3		2			1		

21	4-вектор плотности тока. 4-вектор потенциала. Калибровка потенциалов. Уравнение для потенциалов.	10	6	2	2			2		
22	Тензор электромагнитного поля. Преобразования Лоренца для электромагнитных полей.	10	7	2	2		1	2		
23	Инварианты Пуанкаре. Ковариантная форма уравнений Максвелла.	11	6	2	2		1	1		
24	Запаздывающие потенциалы. Ближняя и волновая зоны. Дипольное излучение.	11	7	2	2		1	2		
25	Магнитодипольное и квадрупольное излучения.	12	8	4	4			2		
26	Антенны-излучатели в радиодиапазоне. Вибратор Герца, полуволновой вибратор. Диаграмма направленности. Антенны оптического типа. Принципы создания направленных антенн.	13	9	4	4			1		
27	Потенциалы Лиенара-Вихерта. Поле заряда, движущегося с произвольной скоростью. Поле равномерно движущегося заряда.	14	5	2	2			1		
28	Излучение релятивистской частицы. Потери на излучение. Оценки углового распределения излучения	14	6	2	2		1	1		
29	Синхротронное излучение. Оценки спектра и углового распределения.	15	5	2	2			1		

30	Торможение излучением, нерелятивистское и ультрарелятивистское приближения.	15	7	2	2		1	2		
31	Рассеяние электромагнитной волны свободным и связанным зарядами. Сечение рассеяния. Резонансное рассеяние. Рассеяние волны системой зарядов.	16	9	4	2		1	2		
32	Итоговая потоковая контрольная работа	16	4		2		1	1		
33	Самостоятельная подготовка обучающегося к экзамену	17	18							18
34	Экзамен		6						8	4
	<b>Всего</b>		<b>216</b>	<b>64</b>	<b>64</b>		<b>12</b>	<b>46</b>	<b>8</b>	<b>22</b>

### Программа практических занятий (64 часа).

Ниже приведен список рекомендуемых задач для рассмотрения на семинарских занятиях и для домашних заданий из сборника: Меледин Г. В., Черкасский В. С. Электродинамика в задачах. Часть 2. Электродинамика частиц и волн. Новосибирск: НГУ, 2010.

#### Волны в пространстве времени

1. Кинематика электромагнитной волны. Поляризация. (1.1, 1.3, 1.5, 1.6, 1.8).
2. Граничные условия. Формулы Френеля. (1.16–1.18, 1.21, 1.23, 1.25).
3. Фурье-анализ. 2.2–2.7.
4. Волновой пакет. Фазовая и групповая скорости. (2.10, 2.13, 2.17, 2.18).
5. Соотношение неопределенностей. (2.21–2.26, 2.28, 2.29, 3.87).
6. Резонаторы и волноводы. (2.31, 2.32, 2.34, 2.37, 2.38, 2.40).

#### Геометрическая оптика

7. Матричный метод расчета оптических систем. (1.30, 1.31., 1.33, 1.35, 1.37, 1.38).

#### Когерентность, интерференция, дифракция Френеля

8. Временная и пространственная когерентность. Контрастность. Автокорреляционная функция. (3.1–3.4, 3.11, 3.12, 3.16, 3.18а, 3.21, 3.24, 3.31).
9. Линии равного наклона и равной толщины. Интерферометры. (3.33–3.37, 3.44, 3.52).
10. Дифракция Френеля. Зоны Френеля. (3.53–3.56, 3.67).
11. Разбор курсовой контрольной работы.

#### Дифракция Фраунгофера. Голография

12. Дифракция Фраунгофера. Дифракционные решетки. (3.71–3.76, 3.84, 3.101).
13. Фурье-оптика. Голография. (3.107–3.109, 3.111, 3.114, 3.115, 3.120, 3.121).

#### Ковариантное описание электромагнитного поля

14. Преобразование Лоренца. Эффект Доплера. Тензор электромагнитного поля. Инварианты поля. (1.10, 1.11, 5.2, 5.3 (рассмотреть также инвариант  $k^i v_i$ ), 5.5, 5.8, 5.11, 5.13).

#### Излучение

15. Излучение. Дипольное излучение. (4.4, 4.8, 4.11, 4.13, 4.18, 4.27, 4.31).  
 16. Оценки мультипольного излучения. Антенны. (4.38, 4.39, 4.41, 4.46, 4.49, 4.56).  
 17. Излучение релятивистской частицы. Торможение излучением. (5.24, 5.30, 5.34, 5.41a).  
 18. Рассеяние волны. Давление света. (4.66, 4.67, 4.69, 4.70, 4.71, 4.81, 4.82, 4.86)

#### Лабораторные работы (8 часов).

Лабораторная работа 1. **Электромагнитная волна при прохождении через плоские границы слоев (REFLEX).**

Цель работы: изучение отражения плоской электромагнитной волны от слоистой среды с помощью компьютерного моделирования. В процессе работы студенты узнают, как можно влиять на коэффициенты прохождения и отражения от системы слоёв, получают представление о целом ряде физических процессов в промежуточных (по числу слоёв) областях, с трудом поддающихся аналитическому описанию, или очень непростой интерпретации чрезвычайно громоздких формул, получающихся при аналитическом описании.

Лабораторная работа 2. **Фурье-анализ сигналов (FOUR).**

Цель работы: знакомство с Фурье-анализом сигналов. Методом быстрого преобразования Фурье находят спектры временных сигналов, а также выполняется обратное преобразование спектров во временные сигналы.

#### Самостоятельная работа студентов (64 часов).

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям, решение задач	38
Подготовка к контрольным работам	8
Подготовка к экзамену	18

#### 5. Перечень учебной литературы.

- 1 **Яковлев В. И.** Классическая электродинамика. Новосибирск: НГУ, 2009. Ч. 2.
- 2 **Меледин Г. В., Черкасский В. С.** Электродинамика в задачах. Часть 2. Электродинамика частиц и волн. Новосибирск: НГУ, 2010.
- 3 **Мешков И. Н., Чириков Б. В.** Электромагнитное поле. Новосибирск: Наука, 1987. Ч.1.
- 4 **Мешков И. Н., Чириков Б. В.** Электромагнитное поле. Новосибирск: Наука, 1987. Ч. 2.
- 5 **Яковлев В. И.** Классическая электродинамика. Новосибирск: НГУ, 2014. Ч. 3. [www.phys.nsu.ru](http://www.phys.nsu.ru)
- 6 **Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц** Теоретическая физика: учебное пособие для студентов физических специальностей университетов: [в 10 т.] /. — Москва: Наука, 19 - . — ; 22 см.Т.2: Теория поля .— 7-е изд., испр .— 1988 .— 509 с. : ил. — На корешке только загл. тома.— ISBN 5-02-013850-9, 85 000 экз. — ISBN 5-02-014420-7.

7. **Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц** Теоретическая физика: [Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов]: В 10 т. Т.8. Электродинамика сплошных сред. /.— 3-е изд.,испр. — М. : Наука, 1992. — 661 с. : ил. ; 22 см. — ISBN 5-02-014673-0
8. **Батыгин В.В., Топтыгин И.Н.** Сборник задач по электродинамике. М.: РХД, 2002.
9. Практикум по электродинамике в терминальном классе. Новосибирск: НГУ, 1992.
10. **Сивухин Д.В.** Общий курс физики. Электричество.Т.3. М.: Физматлит, 2004
11. **Сивухин Д.В.** Общий курс физики. Оптика. Т.4, М.: Физматлит, 2005, 2006, 2002, 1986
12. **Тамм И.Е.** Основы теории электричества. М.: Наука, 1989, 1976.
13. **Гинзбург И. Ф., Погосов А. Г.** Электродинамика. Релятивистское описание. Волновые явления. Новосибирск: НГУ, 2010.

## **6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.**

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями, написанными преподавателями кафедры общей физики:

- 1 **Яковлев В. И.** Классическая электродинамика. Новосибирск: НГУ, 2009. Ч. 2.
  - 2 **Яковлев В. И.** Классическая электродинамика. Новосибирск: НГУ, 2014. Ч. 3.
  - 3 **Меледин Г. В., Черкасский В. С.** Электродинамика в задачах. Часть 2. Электродинамика частиц и волн. Новосибирск: НГУ, 2010.
- Задания, представлены на сайте физического факультета:

<http://www.phys.nsu.ru/eldin/web/app.php/>

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

### **7.1 Ресурсы сети Интернет**

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

### **7.2 Современные профессиональные базы данных**

Не используются.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **8.1 Перечень программного обеспечения**

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

### **8.2 Информационные справочные системы**

Не используются.

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

Для реализации дисциплины «Электродинамика и оптика» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации.

2. Лаборатории для проведения лабораторных занятий

Учебные лаборатории укомплектованы специализированной мебелью и оборудованием для обеспечения преподавания дисциплины, а также техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации по дисциплине.

3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

## **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.**

### **10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

#### ***Текущий контроль***

Текущий контроль осуществляется на практических занятиях преподавателем при решении типовых задач студентом, обсуждаются идеи и способы решения задач, рекомендованных для практических занятий. В течение семестра проводятся 2 письменные контрольные работы, лабораторные работы и прием обязательных заданий по дисциплине. Результаты текущего контроля служат основанием для выставления оценок в ведомость контрольной недели на факультете.

#### ***Промежуточная аттестация***

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене, который состоит из письменной и устной части. Необходимым условием получения положительной оценки на экзамене является решение и сдача не менее 60% задач из заданий, выполняемых в течение семестра, а также написание письменных контрольных работ на положительную оценку. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию: проводится итоговая письменная экзаменационная работа и экзамен в устной форме по билетам. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ОПК-2.

Итоги промежуточной аттестации (экзамена) оцениваются по пятибалльной шкале.

Если перед началом экзамена у студента сдано менее 60% задач из заданий, то до ответа на вопросы экзамена ему даётся 30 минут на то, чтобы сдать оставшиеся задачи. Если студенту не удаётся этого сделать за отведённое время, то он не приступает к ответу на устные вопросы, а получает оценку «неудовлетворительно».

Для получения оценки **«отлично»** необходимо развёрнуто ответить на оба вопроса и получить на письменной части экзамена оценку не ниже «хорошо», сдать не менее 80% задач из заданий, выполняемых в течение семестра. Также надо ответить на дополнительные вопросы по всей дисциплине (продвинутый уровень освоения компетенций).

Для получения оценки **«хорошо»** нужно ответить на оба вопроса билета и получить на письменной части экзамена оценку не ниже «удовлетворительно», сдать не менее 80% задач из заданий, выполняемых в течение семестра. Допускается несколько несущественных ошибок. Необходимо также ответить на дополнительные вопросы, имеющие принципиальное значение для данной дисциплины (базовый уровень освоения компетенций).

Для получения оценки **«удовлетворительно»** за ответы на вопросы, содержащиеся в билете, необходимо:

- ответить хотя бы на один вопрос в билете по теории, сдать не менее 60% задач из заданий, выполняемых в течение семестра необходимо также ответить на дополнительные вопросы, имеющие принципиальное значение для изученной дисциплины (пороговый уровень освоения компетенций).

Оценка «неудовлетворительно» ставится, когда уровень усвоения компетенций не сформирован

#### Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
<b>ОПК - 2.1.</b> Применяет теоретические основы и базовые знания для проведения научного исследования в выбранной области фундаментальной и/или экспериментальной физики.	<b>Знать</b> основные законы электродинамики и оптики, с помощью которых описываются явления в области естественных наук: излучение атомов, строение твердых тел, их дифракционные свойства и другие явления; основные физические законы, описывающие изучаемый круг физических явлений, традиционные разделы электродинамики и оптики, посвященные волновым процессам, интерференционным и дифракционным явлениям, ковариантному описанию электромагнитного поля, а также процессам излучения и рассеяния электромагнитных волн.	Решение задач, проведение контрольных работ, экзамен
<b>ОПК – 2.2.</b> Применяет современную приборную базу (в том числе сложное физическое оборудование) для организации научного	<b>Уметь</b> применять полученные знания для решения научных и практических задач в области естественных наук, в соответствии с основными законами и уравнениями электродинамики, использовать	Решение задач, проведение контрольных работ, экзамен.

исследования.	<p>простейшие теоретические и экспериментальные методы исследований.</p> <p>- пользоваться законами электродинамики для анализа физической сути изучаемых явлений, например, анализировать когерентные свойства волнового поля для интерференционных явлений; использовать приближенные граничные условия Кирхгофа для задач дифракции; формулировать постановку краевой задачи и строить простейшие решения, позволяющих наряду с распределением полей определить недостающие источники полей.</p>	
<b>ОПК – 2.3.</b> Применяет различные методы обработки и системы анализа экспериментальных данных.	<b>Использовать</b> методы решения задач электродинамики и оптики	Решение задач, проведение контрольных работ, экзамен.

## 10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Электродинамика и оптика».

Таблица 10.2

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
ОПК-2.1	Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.

ОПК-2.2	Наличие умений	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
ОПК-2.3	Наличие знаний и умений	Уровень знаний ниже минимальны Не умеет решать стандартные задачи х требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/ несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания.

### 10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

#### Обязательные задания по дисциплине «Электродинамика и оптика»

Задания по дисциплине «Электродинамика и оптика» в задачнике: Меледин Г. В., Черкасский В. С. Электродинамика в задачах. Часть 2. Электродинамика частиц и волн. Новосибирск: НГУ, 2010:

#### ЗАДАНИЕ №1

(сдать до 5 недели)

1. 1.7
2. 1.24
3. 1.28
4. 2.27
5. 2.35

#### ЗАДАНИЕ №2

(сдать 8 недели)

6. 1.32
7. 3.15
8. 3.47
9. 3.77

- 10. 3.95
- 11. 3.105

**ЗАДАНИЕ №3**

(сдать до 12 недели)

- 12. 3.116
- 13. 4.10
- 14. 4.19
- 15. 4.52

**ЗАДАНИЕ №4**

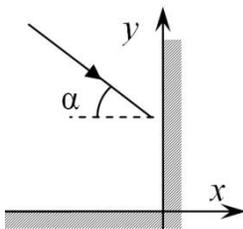
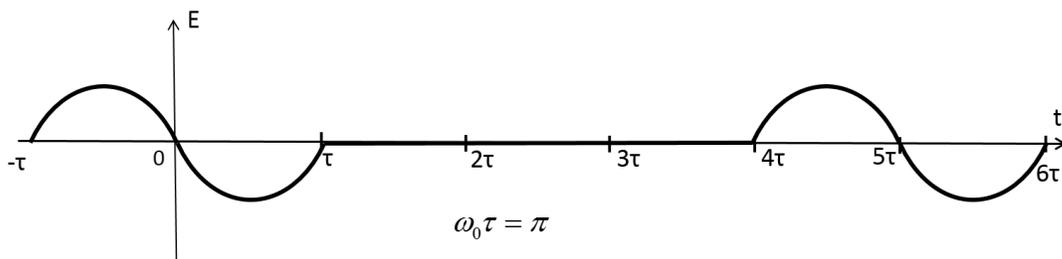
(сдать до 15 недели)

- 16. 4.72
- 17. 5.17
- 18. 5.416
- 19. 5.44

**Примерные варианты контрольных работ:**

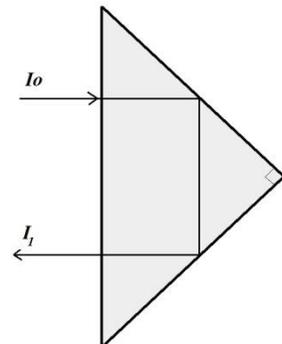
**Контрольная работа 1 по электродинамике и оптике**

1. Сигнал представляет собой наложение двух периодов синусоиды  $E(t) = E_0 \sin(\omega_0 t)$ , раздвинутых по времени, как показано на рисунке. (Здесь  $\tau = \pi / \omega_0$ ). Какое количество локальных максимумов модуля  $|E(\omega)|$  приходится на интервал  $0 < \frac{\omega}{\omega_0} < 2$ ? (3 б).



2. Плоская монохроматическая электромагнитная ТЕ-волна с длиной волны  $\lambda$  и амплитудой электрического поля  $E_0$  падает на угловой отражатель с идеально проводящими стенками, под углом  $\alpha$  к одной из граней. Найти распределение электрического поля в пространстве  $E(x, y, t)$  (3 б).

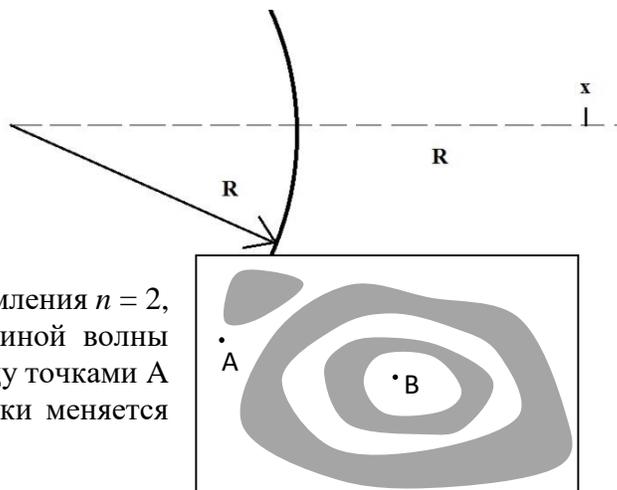
3. Луч света интенсивностью  $I_0$  падает на поворотную призму из стекла с показателем преломления  $n=3/2$ , по нормали к её большой грани, как показано на рисунке. Основанием призмы является прямоугольный равнобедренный треугольник. Найти отношение интенсивностей лучей  $I_1/I_0$ . Переотражёнными лучами пренебречь. (3 б.).



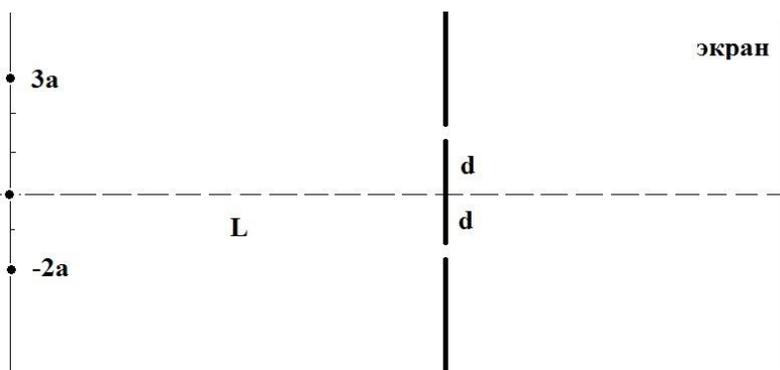
4. Плоская монохроматическая электромагнитная волна с частотой  $\omega_0$ , с круговой поляризацией, распространяющаяся вдоль оси  $z$ , падает на систему из трех поляроидов. Ось первого поляроида ориентирована вдоль оси  $x$ , ось второго поляроида вращается относительно оси  $z$  (в плоскости  $z=\text{const}$ ) с частотой  $\Omega \ll \omega_0$ , ось третьего поляроида ориентирована по оси  $y$ . Расстояние между поляроидами много меньше длины волны. Найти спектр амплитуды ( $E(\omega)$ ) прошедшего сигнала. (4 б).

## Контрольная работа 2 по электродинамике и оптике

1. Предмет с размером  $x$  расположен на расстоянии  $R$  от выпуклого зеркала с радиусом  $R$ , как показано на рисунке ( $R \gg x$ ). Найдите размер его изображения  $x'$ . (2 б).



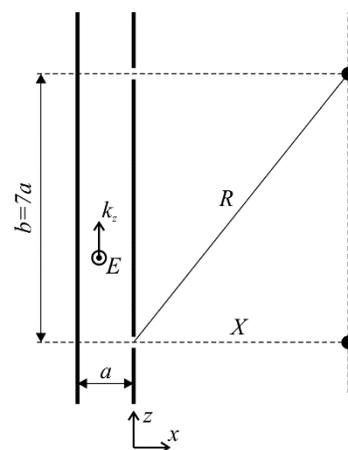
2. На рисунке схематически изображена картина интерференционных полос равной толщины на тонкой плёнке с показателем преломления  $n = 2$ , наблюдаемая по нормали к ней в свете с длиной волны  $\lambda = 0,5$  мкм. Оцените перепад толщины  $\Delta h$  между точками А и В, считая, что на отрезке АВ толщина плёнки меняется монотонно. (3 б).



3. В схеме Юнга экран с двумя узкими щелями освещается тремя монохроматическими узкими вытянутыми в линии источниками одинаковой интенсивности с длиной волны  $\lambda$ . Источники расположены на расстоянии  $L \gg d$  от экрана со щелями, расстояние между щелями  $2d$ . Источники

расположены по горизонтали следующим образом: один в центре, второй выше центральной линии на расстоянии  $3a$ , третий ниже центральной линии на расстоянии  $2a$  (см. рис.,  $L \gg a$ ). Найдите при каком минимальном  $d$  интерференционные картины от всех источников совпадут в точности. (4 б).

4. По волноводу, образованному двумя бесконечными идеально проводящими плоскостями, бежит  $H$ -волна вида  $\vec{E} = E_0(x) \cdot \vec{e}_y \cdot e^{i(k_z z - \omega t)}$ . Расстояние между плоскостями  $a = \frac{\lambda_0}{\sqrt{2}}$ , где  $\lambda_0$  — длина волны в свободном пространстве. В правой стенке волновода параллельно оси  $y$  прорезаны две бесконечные узкие щели на расстоянии  $b = 7a$  друг от друга. Найдите расстояние  $X$  от правой стенки волновода до экрана, на котором соседние интерференционные максимумы наблюдаются строго напротив щелей. (5 б).



## **Пример контрольных вопросов к лабораторным работам, необходимых для оценки результатов обучения**

Лабораторная работа 1. **Электромагнитная волна при прохождении через плоские границы слоев (REFLEX).**

1. Как изменится поляризация при отражении эллиптически поляризованного света в окрестности угла Брюстера?
2. Как можно определить разность фаз при отражении ТЕ и ТМ волн? Можно ли подобрать условия, чтобы при отражении правая круговая поляризация преобразовывалась в левую?
3. Как изменяется ширина пропускания (по частоте) зеркала от числа пар?
4. Если максимум отражения при нормальном падении приходится на зелёную область спектра, то куда он сместится при наклонном падении? Почему?

Лабораторная работа 2. **Фурье-анализ сигналов (FOUR).**

1. Как будет восстанавливаться сигнал, если из его спектра вырезать высокие частоты?
2. Каков будет закон дисперсии в случае, если пропустить сигнал через фильтр с постоянной амплитудной характеристикой и линейно изменяющейся фазовой характеристикой?

## **Пример экзаменационного билета**

- 1 Отражение и преломление электромагнитной волны на границе раздела двух сред. Показатель преломления. Полное внутреннее отражение.
- 2 Интерференция электромагнитных волн. Понятие о когерентности. Опыт Юнга.

## **Вопросы к экзамену**

1. Отражение и преломление электромагнитной волны на границе раздела двух сред. Показатель преломления.
2. Формулы Френеля. Угол Брюстера. Просветление оптики. Диэлектрические зеркала.
3. Фурье-разложение электромагнитного поля. Уравнения Максвелла в Фурье - представлении.
4. Соотношение неопределенностей и оценки с его помощью ширины спектра различных функций.
5. Частотная дисперсия. Фазовая и групповая скорости волны.
6. Дисперсионное расплывание волнового пакета.
7. Классическая теория дисперсии света в среде.
8. Стоячие электромагнитные волны. Резонаторы. Собственные колебания и собственные частоты в прямоугольном резонаторе.
9. Волноводы. ТЕ - и ТМ - волны. Критическая частота.
10. Волновод как среда с дисперсией. ТЕМ – волна в двусвязном волноводе.
11. Приближение геометрической оптики. Уравнение эйконала. Уравнение луча.
12. Принцип Ферма и получение из него уравнения луча.
13. Преломление луча на сферической поверхности в параксиальном приближении. Формула тонкой линзы.

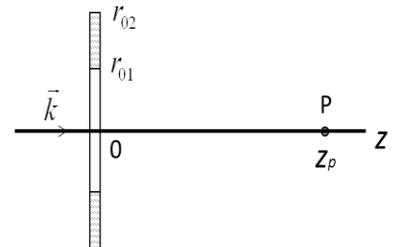
14. Матричный метод расчета оптических систем. Главные плоскости и построение изображения на примере толстой линзы. Теорема Лагранжа-Гельмгольца.
15. Интерференция электромагнитных волн. Понятие о когерентности.
16. Видность интерференционной картины. Роль размеров источника и ширины его спектра.
17. Продольная и поперечная длины когерентности (на примере схемы Юнга).
18. Корреляционная функция случайного стационарного процесса как мера когерентности.
19. Интерференция на тонких пленках. Локализация интерференционной картины. Полосы равного наклона и равной толщины.
20. Дифракция электромагнитных волн. Принцип Гюйгенса-Френеля. Идеализованные граничные условия. Интеграл Кирхгофа.
21. Зоны Френеля. Параметр Френеля. Зонная пластинка.
22. Дифракции Френеля. Дифракция волны на краю плоского экрана. Спираль Корню.
23. Приближение Фраунгофера. Дифракция Фраунгофера на прямоугольной щели.
24. Дифракционная решетка как спектральный прибор (спектральное разрешение, область свободной дисперсии, угловое разрешение).
25. Фазовые дифракционные решетки и их преимущества.
26. Основные типы интерферометров. Интерферометр Фабри-Перо как прибор, обладающий высокой разрешающей способностью.
27. Дифракционные ограничения оптических систем. Оптическая фильтрация изображений на примере опыта Аббе-Портера.
28. Линза как Фурье-анализатор. Голография Френеля.
29. Преобразование Лоренца. 4-векторы и 4-тензоры. Геометрия пространства времени. Метрический тензор.
30. Преобразование ковариантных и контравариантных компонент 4-х тензоров. Эффект Доплера.
31. 4-вектор плотности тока и 4-вектор потенциала. Калибровка потенциалов.
32. Уравнения для потенциалов. Ковариантная и покомпонентная запись. Использование разных калибровок.
33. Тензор электромагнитного поля. Ковариантная форма уравнений Максвелла.
34. Преобразования Лоренца для электромагнитных полей. Инварианты Пуанкаре.
35. Запаздывающие потенциалы. Разложение потенциалов в ближней и волновой зонах.
36. Дипольное излучение: интенсивность, поляризация, угловое распределение.
37. Антенны-излучатели в радиодиапазоне. Вибратор Герца, полуволновой вибратор. Диаграмма направленности и поляризация излучения.
38. Принципы создания узко -направленных антенн с изменяемой диаграммой направленности, фазированные антенные решетки. Антенны оптического типа на примере параболоида вращения.

39. Потенциалы Лиенара-Вихерта.  
 40. Поле заряда, движущегося с переменной скоростью по заданной траектории (без вывода). Поле равномерно движущегося заряда.  
 41. Угловое распределение мощности излучения релятивистской частицы.  
 42. Излучение релятивистской частицы при ускорении ее вдоль направления движения на примере ускорения в однородном электрическом поле.  
 43. Синхротронное излучение. Оценки его спектра и углового распределения.  
 44. Излучение релятивистской частицы. Потери энергии и импульса частицы на излучение при движении в произвольных полях.  
 45. Рассеяние электромагнитной волны свободным зарядом. Рассеяние электромагнитной волны связанным зарядом. Рассеяние волны системой зарядов

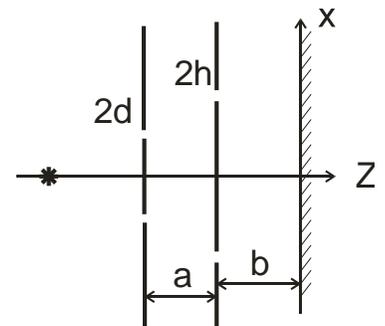
### Экзаменационная работа по электродинамике и оптике

1. Плоская проводящая поверхность разделяет области с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  ( $n_2 < n_1$ ), магнитные проницаемости областей равны единице. Со стороны области 1 на границу раздела под углом полного внутреннего отражения падает ТЕ-волна. Найти удельную поверхностную проводимость  $\sigma^*$  (ток на единицу длины  $i = \sigma^* E$ ), при которой отраженная волна отсутствует (4 б).

2. Плоское прозрачное кольцо толщиной  $\Delta$  и показателем преломления  $n$ , установленное в свободном пространстве, занимает вторую зону Френеля для точки наблюдения  $P$ , находящейся на оси симметрии кольца, при его освещении плоской монохроматической волной  $E_0 e^{i(kz - \omega t)}$  (см. рис.). Найти внутренний и внешний радиус кольца, если от центра кольца до точки наблюдения 2 метра,  $\lambda = 0.5$  микрометра (1 б).  
 При какой минимальной толщине  $\Delta_{\min}$  комплексная амплитуда  $\hat{E}_p$  максимальна по модулю? Чему она равна? (Отражением от поверхностей кольца пренебречь) (+4 б).



3. Нитевидный монохроматический источник с длиной волны  $\lambda$  расположен перпендикулярно оси  $z$  (см. рис.). Перед источником установили два экрана. Каждый экран имеет две узкие щели, которые расположены симметрично относительно оси  $z$ . Расстояния между щелями у первого экрана  $2d$ , у второго  $2h$ . Расстояние между экранами  $a$ . Расстояние от второго экрана до плоскости наблюдения  $b$  ( $2d$  и  $2h \ll a$  и  $b$ ). Найти, при каком минимальном  $d$  интенсивность излучения на плоскости наблюдения обратится в ноль (3 б). Найти интенсивность  $I(x)$  для произвольных  $d$  и  $h$ , считать, что амплитуда волны, прошедшей через любые щели на экранах и достигшей плоскости  $xu$ , равна  $E_0$  (+2 б).



4. Релятивистская частица массы  $m$  и зарядом  $q$  со скоростью  $V \sim c$  пролетает промежуток, на котором задано: 1) однородное магнитное поле  $B$ , перпендикулярное  $V$ ; 2) однородное

электрическое поле  $E$ , параллельное  $V$ . Значения полей заданы в лабораторной системе отсчёта. Найти потери энергии частицы на излучение  $\frac{d\varepsilon}{dt}$  в лабораторной системе отсчёта в обоих случаях (2 б).

5. Линейно поляризованная (вдоль оси  $x$ ) плоская монохроматическая волна с волновым вектором  $k$  вдоль оси  $z$  рассеивается на трёх одинаковых свободных зарядах  $e$  массой  $m$  с координатами  $(0,0,0)$ ,  $(0,0,d)$ ,  $(0,0,2d)$ . Найти дифференциальное сечение рассеяния  $\frac{d\sigma}{d\alpha}$  в плоскости  $zy$  в зависимости от угла  $\alpha$ , который отсчитывается от оси  $z$  (2 б). Нарисовать качественно диаграмму направленности рассеянного излучения в плоскости  $zy$  для  $d=\lambda/4$ . (+2 б).

6. Найти в лабораторной системе отсчёта скалярный и векторный потенциалы релятивистской нейтральной частицы с магнитным моментом  $\vec{m}_0$  (в собственной системе отсчета), которая движется вдоль направления  $\vec{m}_0$  со скоростью  $v \sim c$  (3 б).

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Аннотация**  
**к рабочей программе дисциплины «Электродинамика и оптика»**  
**Направление: 03.03.02 Физика**  
**Направление подготовки: 03.03.01 Прикладные математика и физика**

Программа дисциплины «Электродинамика и оптика» составлена в соответствии с требованиями ФГОС по направлению **03.03.01 Прикладные математика и физика**, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (НГУ) кафедрой общей физики.

Цели дисциплины – дать понимание основных законов электродинамики и оптики, привить практические навыки использования этих законов и подготовить основу для изучения последующих разделов физики. Курс содержит традиционные разделы электродинамики и оптики, посвященные волновым процессам, интерференционным и дифракционным явлениям, ковариантному описанию электромагнитного поля, а также процессам излучения и рассеяния электромагнитных волн.

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p><b>ОПК-1.</b> Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p><b>ОПК-1.1.</b> Применяет математический аппарат, теоретические и методологические основы математических дисциплин для решения профессиональных задач в области физики и смежных с ней областях.</p> <p><b>ОПК -1.2.</b> Использует теоретические основы базовых разделов математических и естественнонаучных дисциплин при решении профессиональных задач в области физики и смежных с ней областях.</p>	<p><b>Знать</b> основные законы электродинамики и оптики, с помощью которых описываются явления в области естественных наук: излучение атомов, строение твердых тел, их дифракционные свойства и другие явления; основные физические законы, описывающие изучаемый круг физических явлений, традиционные разделы электродинамики и оптики, посвященные волновым процессам, интерференционным и дифракционным явлениям, ковариантному описанию электромагнитного поля, а также процессам излучения и рассеяния электромагнитных волн.</p> <p><b>Уметь</b> применять полученные знания для решения научных и практических задач в области естественных наук, в соответствии с основными законами и уравнениями электродинамики, использовать простейшие</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		<p>теоретические и экспериментальные методы исследований.</p> <p>- пользоваться законами электродинамики для анализа физической сути изучаемых явлений, например, анализировать когерентные свойства волнового поля для интерференционных явлений; использовать приближенные граничные условия Кирхгофа для задач дифракции; формулировать постановку краевой задачи и строить простейшие решения, позволяющих наряду с распределением полей определить недостающие источники полей.</p> <p><b>Использовать</b> методы решения задач электродинамики и оптики</p>

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, лабораторные работы, консультации, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий и контрольных работ, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: домашние задания, контрольные работы, выполнение и сдача лабораторных работ, обязательные задания для самостоятельного решения;
- промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы составляет **6** зачётных единиц/ **216** академических часов.

**Лист актуализации программы по дисциплине  
«Электродинамика и оптика»  
по направлению подготовки 03.03.01 Прикладные математика и физика**

	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного