

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»

**Высшая школа общей и прикладной физики**

(факультет)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан ВШОПФ \_\_\_\_\_ Е.Д. Господчиков

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

## **Рабочая программа дисциплины**

### **Электродинамика**

Уровень высшего образования

бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.02 Физика

Направленность образовательной программы

профиль: Фундаментальная физика

Квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Нижегород

2020

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Электродинамика» входит в модуль «Теоретическая физика», который относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины, модули» ОПОП. Дисциплина является обязательной для освоения в пятом семестре третьего года обучения в бакалавриате.

**Целями освоения дисциплины являются:**

- формирование у студентов современного представления об основных методах классической макроскопической электродинамики и ее месте в современной теоретической физики;
- освоение студентами методов теоретического расчета на примере простейших электродинамических систем;
- выработка у студентов навыков расчета конкретных систем, а также умения проводить приближенные расчеты и оценки в случае отсутствия у задачи точного решения;
- формирование у студентов общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ по направлению подготовки 03.03.02 «Физика».

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<b>ОПК-3</b> способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (этап освоения – завершающий)	<i>З1 (ОПК-3) Знать</i> основные уравнения макроскопической электродинамики и общие свойства электромагнитных полей. <i>У1 (ОПК-3) Уметь</i> пользоваться законами электродинамики для расчета потенциала, создаваемого заданными источниками. <i>В1 (ОПК-3) Владеть</i> навыками решения задач по электростатике и магнитостатике.
<b>ПК-1</b> способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (этап освоения – базовый)	<i>З2 (ПК-1) Знать</i> основы классической макроскопической электродинамики: уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной формах, граничные условия, материальные соотношения, теоремы единственности решений этих уравнений, приближения статики и квазистатики, способы построения волновых решений для переменных полей в однородных и в некоторых неоднородных средах. <i>У2 (ПК-1) Уметь</i> пользоваться законами электродинамики для расчета электромагнитного поля, создаваемого заданными источниками в однородных и неоднородных средах. <i>В2(ПК-1) Владеть</i> навыками решения задач, основанных на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях.
<b>ПК-4</b> способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин (этап освоения – базовый)	<i>У3 (ПК-4) Уметь</i> применять полученные знания при проведении научных исследований в избранной области. <i>В3 (ПК-4) Владеть</i> методами описания электромагнитных полей и использовать их при необходимости при проведении теоретических и/или экспериментальных физических исследований.

### 3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единицы, всего 144 часа, из которых 82 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, 48 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия), 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 36 часов подготовка к экзамену, 26 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

#### Содержание дисциплины (модуля)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,  форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
<u>Тема 1.</u> Общий характер построения курса. Исторические справки	13	4	6		10	3
<u>Тема 2.</u> Основные уравнения макроскопической электродинамики и общие свойства электромагнитных полей	13	4	6		10	3
<u>Тема 3.</u> Электростатика	13	4	6		10	3
<u>Тема 4.</u> Постоянные токи в проводящих средах	13	4	6		10	3
<u>Тема 5.</u> Магнитостатика	13	4	6		10	3
<u>Тема 6.</u> Общие способы описания переменных электромагнитных полей	13	4	6		10	3
<u>Тема 7.</u> Электродинамика квазистационарных процессов	14	4	6		10	4
<u>Тема 8.</u> Электромагнитные волны в однородных средах	14	4	6		10	4
в т.ч.текущий контроль			8			
Промежуточная аттестация – <b>Экзамен</b>					2	36

Текущий контроль успеваемости осуществляется в виде решений и последующей проверки домашних контрольных работ, а также в рамках занятий практического и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций. Итоговый контроль осуществляется на экзамене.

#### **4. Образовательные технологии**

При изучении дисциплины используются современные образовательные технологии. Предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (разбор конкретных ситуаций, тренинги по решению практических задач) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) по дисциплине проходит в форме лекций и практических занятий, а также в виде коллективных и индивидуальных консультаций. На занятиях лекционного типа используются мультимедийные средства поддержки образовательного процесса, часть занятий проводятся в виде лекций с проблемным изложением материала. На занятиях практического типа разбираются решения задач различной степени сложности, проводятся обсуждения рассматриваемых проблем в свете последних научных достижений в данной области. Студенты работают как индивидуально, так и коллективно.

Самостоятельная работа включает в себя выполнение домашних контрольных работ и теоретическую подготовку к занятиям по материалам лекций и рекомендованной литературе, приведенной в конце данной программы. Кроме того, студенты имеют возможность принимать участие в семинарах с представителями российских и зарубежных научных организаций, проводимых в Федеральном исследовательском центре Институт прикладной физики Российской академии наук.

Формой итогового контроля знаний студентов по дисциплине является экзамен, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний и навыки решения практических задач.

#### **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студента – неотъемлемая часть подготовки высококвалифицированного специалиста в соответствующей области. Ее цель – формирование у студентов способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку лекционного и дополнительного материала, решение домашних контрольных работ с последующей проверкой навыков решения задач.

Проработка лекционного материала осуществляется еженедельно после проведения аудиторных занятий в рамках часов, отведенных студентам на самостоятельную работу. Кроме того, работа с лекционным и дополнительным материалом (рекомендованной литературой, приведенной в конце данной программы) проводится в период сессии при подготовке к экзамену по дисциплине.

Выполнение домашних контрольных работ осуществляется еженедельно или раз в две недели в соответствии с графиком изучения соответствующего лекционного материала и проведения практических занятий по соответствующей тематике.

Задачи для выполнения самостоятельных контрольных работ по каждому разделу дисциплины составляются преподавателем самостоятельно при ежегодном обновлении банка тестовых заданий. Количество вариантов зависит от числа обучающихся.

**Типовые задачи**, предлагаемые студентам в качестве домашних контрольных работ:

Задача 1.

Найти потенциал внутри бесконечной цилиндрической полости радиуса  $a$  в проводнике, если на цилиндрической поверхности радиуса  $r = b < a$ , сосной с границей полости задана мощность двойного (дипольного) слоя  $P_d = p_0 \cos(n\theta)$ , где  $r, \theta$  – цилиндрические координаты,  $n = 1, 2, 3, \dots$

Задача 2.

Концы двух тонких проволочек касаются горизонтальной поверхности электролита, налитого в широкий и глубокий сосуд. Между ними пропущен ток силы  $I$ . Найти плотность тока в электролите.

Задача 3.

Исследовать эффект экранирования внешнего магнитного поля сферической оболочкой, имеющей магнитную проницаемость  $\mu$ . Внутренний и внешний радиусы оболочки  $a$  и  $b$ .

Задача 4.

Найти магнитное поле в ближней зоне (на расстоянии  $r \ll \lambda$ ) переменного электрического диполя с моментом  $p = p_0 e^{i\omega t}$ .

**6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине,**

включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

ОПК-3: способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«незачет»			«зачет»			
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полностью знания вследствие отказа обучаю-	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много грубых ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

	щегося от ответа						
<u>Умения</u> Уметь	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u> Владеть	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы творческий подход к решению нестандартных задач
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«незачет»			«зачет»			
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<u>Знания</u> Знать основы классической макроскопической электродинамики: уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной формах, граничные условия, материальные соотношения, теоремы единственности ре-	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много грубых ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

шений этих уравнений, приближения статики и квазистатики, способы построения волновых решений для переменных полей в однородных и в некоторых неоднородных средах.	обучающегося от ответа				ошибок		
<u>Умения</u> Уметь пользоваться законами электродинамики для расчета электромагнитного поля, создаваемого заданными источниками в однородных и неоднородных средах.	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u> Владеть навыками решения задач, основанных на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

**ПК-4:** применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)	
	«незачет»	«зачет»
<u>Умения</u> Уметь применять полученные знания при проведении научных исследований в избранной области	Отсутствие умения применять полученные знания при решении стандартных задач (демонстрация грубых ошибок, противоречащих основным законам)	Продемонстрированы все основные умения. Решены стандартные задачи.
<u>Навыки</u> Владеть методами описания	Отсутствие навыков решения стандартных задач	Продемонстрированы базовые навыки при решении типовых

электромагнитных полей и использовать их при проведении теоретических и/или экспериментальных физических исследований		задач
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 50 %	50 – 100%

## 6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме. Устная часть экзамена заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и в последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. Практическая часть экзамена предусматривает решение двух задач по различным разделам курса.

<b>Оценка</b>	<b>Уровень подготовки</b>
Превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом. Студент дает полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета; точно отвечает на дополнительные вопросы; приводит исчерпывающие, аргументированные решения всех сформулированных в билете задач. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение уверенно применять на практике приобретенные навыки, владение в полной мере методиками решения задач. 100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий
Отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дает полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета; точно отвечает на дополнительные вопросы; приводит почти полные, аргументированные решения всех сформулированных в билете задач с незначительными недочетами. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше
Очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета с небольшими неточностями; неполно отвечает на дополнительные вопросы; приводит достаточно аргументированные и почти полные решения всех сформулированных в билете задач с незначительными недочетами; или исчерпывающее решение приводится только для одной из двух задач билета, а вторая задача решена с заметными недочетами. Изложение решений и полученные ответы от-

	<p>личаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение основными методиками решения задач.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.</p>
Хорошо	<p>В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета с небольшими неточностями, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы; приводит почти полные решения всех сформулированных в билете задач с некоторыми недочетами; или исчерпывающее решение приведено только для одной из двух задач билета, а вторая задача решена со значительными погрешностями. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, достаточной четкостью в выражении мыслей и не всегда полной обоснованностью выводов, демонстрирующих, в целом, знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение основными методиками решения задач.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.</p>
Удовлетворительно	<p>Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы; приводит неполные, слабо аргументированные решения всех сформулированных в билете задач. Изложение решений и полученные ответы не отличаются стройной логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, что говорит о не достаточно полном понимании общефизических и профессиональных дисциплин, умении применять на практике лишь некоторые приобретенные навыки, владении не всеми изученными методиками решения задач.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.</p>
Неудовлетворительно	<p>Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора; приводит решения сформулированных в билете задач с грубыми недочетами, что говорит о недостатке знаний по общефизическим и профессиональным дисциплинам, отсутствии умения применять на практике приобретенные навыки, не владение методиками решения задач.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.</p>
Плохо	<p>Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы, демонстрирует полное непонимание сформулированных в билете задач.</p> <p>Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.</p>

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование,
- устные и/или письменные ответы на вопросы.

**Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:**

- практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающие одну или несколько задач.

По сложности ПКЗ разделяются на простые (стандартные) и комплексные задания. Простые ПКЗ предполагают решение в одно или два действия, применяются для оценки умений. Комплексные задания (задания повышенной сложности) требуют поэтапного решения и развернутого ответа с применением нестандартных подходов к решению. Комплексные практические задания применяются для оценки владений.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

**Теоретические вопросы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:**

- 1) Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной форме.
- 2) Граничные условия в макроскопической электродинамике. Поверхностные заряды и токи.
- 3) Уравнение непрерывности для электрического заряда.
- 4) Электрическая и магнитная поляризация среды.
- 5) Материальные уравнения для различных сред.
- 6) Принцип суперпозиции.
- 7) Теорема единственности решения уравнений Максвелла
- 8) Теорема Пойнтинга. Энергия электромагнитного поля. Поток энергии, вектор Пойнтинга.
- 9) Импульс электромагнитного поля, максвелловский тензор натяжений.
- 10) Уравнения электростатического поля. Скалярный потенциал. Уравнения Пуассона и Лапласа.
- 11) Особенности электростатического поля и потенциала вблизи точечных, линейных и поверхностных источников.
- 12) Разложение потенциала по электрическим мультиполям.
- 13) Функции Грина для задач Дирихле и Неймана.
- 14) Теорема взаимности в электростатике.
- 15) Собственная и взаимная энергия электростатических подсистем.
- 16) Энергия системы проводников
- 17) Понятие емкости в системе проводников.
- 18) Разделения переменных для уравнения Лапласа в декартовой и сферической системах координат.
- 19) Уравнения для постоянных токов в проводящей среде.
- 20) Уравнения, описывающие статические магнитные поля.
- 21) Векторный потенциал магнитоэлектростатического поля.
- 22) Поле произвольной системы замкнутых токов на больших расстояниях от нее. Магнитный дипольный момент.

- 23) Поля, создаваемые намагниченными телами. Скалярный потенциал магнитного поля.
- 24) Представление энергии в виде интеграла по области источников.
- 25) Теорема взаимности в магнитостатике.
- 26) Энергия системы квазилинейных токов.
- 27) Коэффициенты взаимной индукции и самоиндукции.
- 28) Магнитопроводы.
- 29) Скалярный и векторный потенциалы переменного электромагнитного поля. Калибровка Кулона. Калибровка Лоренца.
- 30) Уравнения для потенциалов электромагнитного поля.
- 31) Комплексная запись уравнений Максвелла.
- 32) Комплексная диэлектрическая проницаемость.
- 33) Теорема единственности решения уравнений Максвелла для гармонических полей.
- 34) Уравнения квазистатики. Скин-эффект.
- 35) Однородные и неоднородные плоские волны.
- 36) Волны в однородных анизотропных средах. Поляризация нормальных волн

**Типовые задачи для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:**

Для оценки сформированности компетенции ОПК-3: способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач:

Задача 1.1 На основании теоремы Гаусса - Остроградского, соображений симметрии и принципа суперпозиции найти скалярный потенциал  $\phi$  и вектор напряженности электрического поля  $E$  следующих систем зарядов в вакууме: 1) точечный заряд  $q$ ; 2) заряд, распределенный с постоянной объемной плотностью  $\rho$ : а) по шару радиуса  $a$ ; б) по бесконечному круговому цилиндру радиуса  $a$ ; 3) бесконечная прямая нить с погонной плотностью заряда  $k$ ; 4) заряд, распределенный с постоянной поверхностной плотностью  $W$ : а) по сферической поверхности радиуса  $a$ ; б) по поверхности бесконечного кругового цилиндра радиуса  $a$ ; в) по бесконечной плоскости; 5) точечный диполь с вектором дипольного момента  $p$ ; б) двумерный диполь (нить, поляризованная в поперечном направлении с вектором погонной плотности дипольного момента  $p_l$ ).

Задача 1.2 Заряд распределен равномерно с постоянной поверхностной плотностью  $W$  по плоскостям  $x = 0$  и  $y = 0$ . Найти создаваемое им электрическое поле. Нарисовать картину силовых линий.

Задача 1.3 Распределение потенциала в пустоте является осесимметричным. Задана функция  $\phi = \phi(z)$  на оси симметрии  $z$ . Найти потенциал  $\phi(r, z)$  при малых смещениях  $r$  от оси.

Для оценки сформированности компетенции ПК-1: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин:

Задача 2.1

Поверхностный заряд распределен равномерно по площадке прямоугольной формы. Как ведут себя потенциал и напряженность электрического поля при приближении к краю площадки?

### Задача 2.2

Найти частоту  $\omega$  собственных колебаний вибратора, представляющего собой два металлических шара радиус  $a$ , соединенных отрезком проволоки длины  $l$  с радиусом поперечного сечения  $b$ . Считать выполненными условия  $b \ll a \ll l \ll c/\omega$ .

### Задача 2.3

Получить выражение для полей  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  в плоской стоячей волне.

Для оценки сформированности компетенции ПК-4: способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин:

### Задача 3.1

Найти ускорение свободного падения круглой металлической пластинки в однородном магнитном поле, параллельном поверхности земли. Пластинка ориентирована параллельно магнитному полю и перпендикулярна поверхности земли. Толщина пластинки  $d$  много меньше ее радиуса  $R$ , масса пластинки  $m$ , напряженность магнитного поля  $H$ .

### Задача 3.2

Исследовать устойчивость возможных положений равновесия маленького шарика с магнитной проницаемостью  $\mu$  в произвольном неоднородном магнитном поле заданных внешних источников. Рассмотреть случаи:  $\mu < 1, \mu > 1$ , шарик в состоянии сверхпроводимости.

## 6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся при реализации образовательных программ высшего образования в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 29.12.2017 г. №630-ОД.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Электродинамика»**

а) основная литература:

- 1) *И.Е.Тамм.* «Основы теории электричества», М., Физматлит, 2003, -616 с. Режим доступа: ЭБС «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/book/5-9221-0313-X.html>
- 2) *Дж. Джексон.* «Классическая электродинамика» М., Мир, 1965 -702 с. -31 экз.
- 3) *Л.А. Вайнштейн.* "Электромагнитные волны", 1957; Радио и Связь, 1988. -440 с. -232 экз.

- 4) *Б.З. Каценеленбаум*. "Высокочастотная электродинамика", М., Наука, 1966. – 240 с. - 16 экз.
- 5) *Л.М. Бреховских*. "Волны в слоистых средах", М., Наука, 1973. -343 с. -33 экз.
- 6) *В.Б. Гильденбург, М.А. Миллер*. «Сборник задач по электродинамике», М., Физматлит, 2001. – 168с. Режим доступа: ЭБС «Консультант студента»  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922101137.html>
- б) дополнительная литература:
- а. *Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц*. «Теоретическая физика. Теория поля», М., Физматлит, 2006.-536 с. . Режим доступа: ЭБС «Консультант студента»  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922100564.html>
- б. *Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц*. «Теоретическая физика. Электродинамика сплошных сред», М., Физматлит, 2005 -656 с. Режим доступа: ЭБС «Консультант студента»  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922101234.html>
- с. *В. Пановский, М. Филипс*. «Классическая электродинамика», М., ГИФМЛ, 1963. -432 с. -8 экз.
- д. *В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин*. «Сборник задач по электродинамике», М., Наука, 1970.-503 с. -8 экз.
- в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы
- 1) Учебно-образовательная физико-математическая библиотека EqWorld  
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/electric.htm>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории.

Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению 03.03.02 «Физика», профиль «Фундаментальная физика».

Авторы \_\_\_\_\_

А.И. Смирнов

Рецензент \_\_\_\_\_

Программа одобрена на заседании методической комиссии факультета «Высшая школа общей и прикладной физики»

от \_\_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Председатель методической комиссии \_\_\_\_\_

А.М. Фейгин