

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

**Радиофизический факультет**

**УТВЕРЖДЕНО**  
президиумом  
Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«14» декабря 2021 г. № 4

**Рабочая программа дисциплины  
Специальная теория относительности**

**Уровень высшего образования –  
бакалавриат**

**Направление подготовки –  
03.03.03 «Радиофизика»**

**Направленность образовательной программы – профили  
«Радиофизика и электроника»**

**Квалификация (степень) выпускника –  
бакалавр**

**Форма обучения –  
Очная**

**Нижегород**

**2022**

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «**Специальная теория относительности**» в соответствии с Федеральным Государственным Образовательным Стандартом 3+ (ФГОС 3+) принадлежит к обязательным дисциплинам вариативной части профессионального цикла образовательной программы бакалавров на радиофизическом факультете ННГУ по направлению подготовки **03.03.03 «Радиофизика»**. В соответствии с концепцией программы академического бакалавра дисциплина «**Специальная теория относительности**» обязательна для освоения в **6 семестре** образовательного профессионального цикла основной образовательной программы (ООП) высшего профессионального образования (ВПО).

Изучение дисциплины «**Специальная теория относительности**» базируется на знаниях и умениях, которые обучающиеся должны иметь в результате освоения содержания дисциплин математического и общезначимого циклов, включая курсы «Математического анализа», «Аналитической геометрии», «Кратных рядов и интегралов», «Дифференциальных и интегральных уравнений», «Линейной алгебры», «Векторного и тензорного анализа», «Механики», «Молекулярной физики», «Электричества и магнетизма», «Колебаний и волн, оптики», «Атомной и ядерной физики», а также «Теоретической механики» и «Электродинамики» из базовой части профессионального цикла.

**Целью освоения дисциплины «Специальная теория относительности»** является приобретение знаний совокупности основных физических принципов, закономерностей и методов исследования, которые, образуя фундаменты современных теорий релятивистской электродинамики и релятивистской механики движущихся объектов, представляют собой базовую часть университетского образования в важнейшей области теоретической физики «Теория поля».

Освоение дисциплины «**Специальная теория относительности**» является необходимым базовым образованием для изучения в 7-ом и 8-ом семестрах дисциплин «Физика волновых процессов», «Физическая электроника», «Квантовая радиофизика», «Методы радиофизических измерений» из базовой части ООП ВПО.

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

Таблица 1

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
<b>ОПК-1</b> – способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной	<p>З1. Знать основные принципы и уравнения (законы) электродинамики, релятивистской кинематики и механики движущихся тел; чтобы с помощью известных (в радиофизике и радиоэлектронике) подходов и методик решения научных проблем и специальных научно-технических задач овладеть новыми базовыми знаниями в математике и естественных науках с целью их последующего использования в своей профессиональной деятельности.</p> <p>У1. Уметь использовать знание основных принципов и законов электродинамики,</p>

<p>деятельности</p> <p>(этап освоения – базовый)</p>	<p>релятивистской кинематики и механики движущихся тел; а также подходов и методик решения научных проблем и специальных научно-технических задач в радиофизике и радиоэлектронике для приобретения новых базовых знаний в области математики и естественных наук и их последующего использования в своей профессиональной деятельности.</p> <p>В1. Владеть умением применять основные принципы и уравнения (законы) электродинамики, релятивистской кинематики и механики движущихся тел для решения конкретных физических задач в области радиофизики и радиоэлектроники, а также на основе колебательно-волновой аналогии видеть общее в различных физических явлениях, что позволяет овладевать новыми базовыми знаниями в математике и естественных науках для последующего использования их в своей профессиональной деятельности.</p>
<p><b>ОПК-2</b> – способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии</p> <p>(этап освоения – базовый)</p>	<p>З1. Знать современные образовательные и информационные технологии, чтобы самостоятельно приобретать новые знания об основных принципах и возможностях применения уравнений (законов) электродинамики, релятивистской кинематики и механики движущихся тел для решения конкретных задач в области радиофизики и радиоэлектроники.</p> <p>У1. Уметь самостоятельно приобретать новые знания об основных принципах и уравнениях (законах) электродинамики, релятивистской кинематики и механики движущихся тел, используя современные образовательные и информационные технологии, а также критически анализируя наблюдаемые эффекты и результаты физических экспериментов в области радиофизики и радиоэлектроники</p> <p>В1. Владеть современными образовательными и информационными технологиями и правильно использовать общенаучную и специальную терминологию, касающуюся основных принципов и уравнений (законов) электродинамики, релятивистской кинематики и механики движущихся тел, чтобы самостоятельно приобретать новые знания для корректной интерпретации наблюдаемых эффектов и результатов физических экспериментов в области радиофизики и радиоэлектроники.</p>
<p><b>ПК-1</b> – способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p> <p>(этап освоения – базовый)</p>	<p>З1. Знать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования, чтобы самостоятельно решать вопросы о возможностях их применения для решения конкретных экспериментальных задач в таких областях радиофизики и радиоэлектроники, которые тесно связаны с электродинамикой и релятивистскими потоками заряженных частиц.</p> <p>У1. Уметь понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования, чтобы самостоятельно решать вопросы о возможностях их применения для решения конкретных экспериментальных электродинамических задач взаимодействия электромагнитного излучения с релятивистскими потоками заряженных частиц.</p>

### 3. Структура и содержание дисциплины

**3.1.** Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 33 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа – занятия лекционного типа, в том числе 1 час – мероприятия текущего контроля успеваемости, и 1 час – мероприятия промежуточной аттестации), 39 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

### 3.2. Содержание дисциплины

Таблица 2

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	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					
	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное	Очное	Очно-заочное	Заочное
Введение.	3			2									2			1		
Кинематика СТО	8			4									4			4		
Релятивистская механика.	10			4									4			6		
Ковариантная форма уравнений электродинамики в вакууме	6			2									2			4		
Ковариантная запись силовых и энергетических соотношений в электродинамике	8			2									2			6		
Движение заряженных частиц в магнитном поле.	8			4									4			4		
Поля, создаваемые движущимися зарядами.	12			6									6			6		
Электромагнитная масса электрона и её использование в классической	8			4									4			4		

электронной теории																		
Электродинамика движущихся сред.	8			4								4			4			
В т.ч.текущий контроль	1			1								1			-			
Промежуточная аттестация - Зачет																		

### 3.2.2. Содержание разделов дисциплины

#### Раздел 1. Введение

Однородность пространства и времени. Инерциальные системы отсчёта (ИСО). Принцип относительности Галилея в механике и электродинамике. Экспериментальные основы СТО. Постулаты Эйнштейна. Ковариантность уравнений физики в ИСО.

#### Раздел 2. Кинематика СТО

Каноническая форма уравнений Максвелла в вакууме: 4-потенциал  $\vec{A}$  и 4-плотность тока  $\vec{J}$  в 4-мерном пространстве. Два условия ковариантности (сохранения формы) уравнений Максвелла во всех ИСО. Интервал между двумя событиями. Преобразования проекций интервала при вращении 4-мерной системы координат – преобразования Лоренца. Инвариантность интервала. Световой конус и мировые линии в 4-пространстве. Относительность понятия одновременности двух событий. Собственное время объекта. Лоренцево сокращение длины движущегося масштаба. Закон сложения скоростей. Эффект Допплера.

#### Раздел 3. Релятивистская механика

Интеграл действия, функция Лагранжа, импульс и энергия свободной частицы. Уравнение движения релятивистской частицы в трехмерном пространстве. Четырехвекторы скорости и импульса. Ковариантная форма уравнения движения материальной точки. 4-сила Минковского. Примеры расчетов в динамике релятивистских частиц, устанавливающих связи компонентов 4-векторов в двух разных ИСО.

#### Раздел 4. Ковариантная форма уравнений электродинамики в вакууме

Тензор электромагнитного поля. Ковариантные формы уравнений Максвелла для полей  $\vec{B}$  и  $\vec{E}$ . Закон преобразования полей. Инварианты тензора электромагнитного поля.

#### Раздел 5. Ковариантная запись силовых и энергетических соотношений в электродинамике

Четырехвектор плотности силы Лоренца. Электромагнитный тензор энергии-импульса. Законы сохранения энергии и импульса.

## Раздел 6. Движение заряженных частиц в электромагнитном поле

Интеграл действия, функция Лагранжа, импульс, энергия и уравнение движения заряженной частицы в заданном электромагнитном поле. Движение заряда в однородных статических полях (постоянном электрическом и постоянном магнитном полях). Дрейф частиц в неоднородном магнитном поле. Адиабатические инварианты.

## Раздел 7. Поля, создаваемые движущимися зарядами

Поле равномерно движущегося электрона. Потенциалы Льебена-Вихерта и поля неравномерно движущегося электрона. Поле излучения и излучаемая мощность ускоренно движущегося электрона. Дипольное приближение. Тормозное и синхротронное излучения. Излучение Вавилова-Черенкова.

## Раздел 8. Электромагнитная масса электрона и её использование в классической электронной теории

Гипотезы теории электромагнитной массы электрона. Критика содержания и полезные приложения теории. Реакция излучения и уравнение движения электрона Абрагама-Лоренца. Примеры расчетов излучения электрона с учётом радиационного торможения: затухание собственных колебаний и сечение рассеяния связанного электрона.

## Раздел 9. Электродинамика движущихся сред

Усреднение микрополей, зарядов и токов по малым физическим объёмам. Макроскопические уравнения электродинамики. Тензор электрической и магнитной поляризации. Тензор возбуждения электромагнитного поля. Преобразования полей и векторов поляризации. Материальные уравнения Минковского. Граничные условия на движущихся поверхностях. Эффект Доплера в движущейся среде.

### 3.3. Список вопросов для контроля текущей успеваемости

Написать необходимые выражения и объяснить содержание следующих *понятий*:

1. Понятие **инерциальной системы отсчёта (ИСО)**.
2. Принцип относительности Галилея.
3. Формулировки и содержания **постулатов Эйнштейна**.
4. Каноническая форма уравнений Максвелла в вакууме: 4-потенциал и 4-плотность тока в 4-пространстве.
5. Условия ковариантности уравнений Максвелла в ИСО.
6. **Интервал** между мировыми координатами двух событий в ИСО.
7. Содержание понятия **инвариантность интервала**.
8. Содержание понятия **преобразования Лоренца**.
9. **Световой конус** и **мировые линии** в 4-мерном пространстве.
10. Понятие **относительность одновременности** двух событий.
11. Понятие **собственного времени** объекта.
12. Содержание понятия **лоренцево сокращение** длины движущегося масштаба.
13. Содержание **закона сложения скоростей**.

14. Содержание понятий **инвариантность фазы плоской волны и 4-вектор волнового числа**.
15. Физическое содержание и аналитическое описание **эффекта Доплера**.
16. **Действие и функция Лагранжа свободной материальной частицы в ИСО.**
17. **Импульс и энергия свободной материальной частицы.**
18. Уравнение движения релятивистской частицы в 3-мерном пространстве.
19. **4-скорость и 4-импульс свободной материальной частицы.**
20. Ковариантная форма уравнения движения частицы в ИСО и **4-сила Минковского.**
21. **Тензор электромагнитного поля** и ковариантная форма уравнений электродинамики в вакууме.
22. Форма и содержание **закона преобразования полей.**
23. **Инварианты** тензора электромагнитного поля.
24. 4-вектор плотности силы Лоренца и его связь с **тензором электромагнитного поля.**
25. 4-вектор плотности силы Лоренца и его связь с **электромагнитным тензором энергии-импульса.**
26. Закон сохранения энергии в электродинамике.
27. Закон сохранения импульса в электродинамике.
28. Действие и **функция Лагранжа заряженной частицы в заданном электромагнитном поле.**
29. **Импульс заряженной частицы в заданном электромагнитном поле.**
30. **Энергия заряженной частицы в заданном электромагнитном поле.**
31. Уравнение движения заряженной частицы в заданном электромагнитном поле.
32. **Потенциалы Льенара-Вихерта** неравномерно движущегося электрона.
33. Излучение неравномерно движущегося на малой скорости заряда (**формула Лармора**).
34. Тормозное излучение заряда.
35. Синхротронное (магнитотормозное) излучение заряда.
36. Излучение Вавилова-Черенкова.
37. Гипотезы теории электромагнитной массы и **радиус электрона.**
38. **Сила реакции излучения и уравнение Абрагама-Лоренца.**
39. Макроскопическая плотность тока.
40. Макроскопическая плотность заряда.
41. Макроскопические уравнения электродинамики в 3-мерном пространстве.
42. Тензор электрической и магнитной поляризации.
43. Тензор возбуждения электромагнитного поля.
44. Ковариантная форма макроскопических уравнений электродинамики.
45. Преобразование поляризаций среды.
46. Преобразование полей и индукций электромагнитного поля.
47. Материальные уравнения Минковского.
48. Граничные условия в движущемся диэлектрике.
49. **Инвариантность фазы плоской волны и эффект Доплера в движущейся среде.**

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

1. Еженедельно **текст** каждой прочитанной лекции вместе с соответствующими контрольными вопросами из списка **3.3** и типовыми задачами рассылается старостам академических групп для стимулирования самостоятельной внеаудиторной работы студентов, а также формирования компетенций **ОПК-1** (способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности), **ОПК-2** (способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии) и **ПК-1** (способность понимать принципы

работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования).

## 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Еженедельный контроль посещаемости аудиторных занятий.
2. Как оценочный способ контроля самостоятельной работы студентов и одновременно разновидность интерактивного обучения используется форма групповой консультации по отдельным разделам дисциплины в виде ответов на вопросы через посредство электронной почты старосты академической группы.

## 6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине

**6.1.** Дисциплина «Специальная теория относительности» вносит долевой вклад в *формирование компетенций* **ОПК–1, ОПК–2 и ПК-1** выпускников Основной Образовательной Программы, *которое* предусмотрено в рамках **утверждённого рабочего учебного плана для бакалавров** на 2022-2022 учебный год по направлению подготовки **03.03.03 «Радиофизика. Содержание компетенций ОПК–1, ОПК–2 и ПК-1 с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, представлено в разделе 2 настоящей РПД.**

**ОПК-1:** способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности (этап освоения – базовый)

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
Знания	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полностью знаний вследствие отказа обучающегося от	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	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.

	ответа						
Умения	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными не существенными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Навыки	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	Продemonстрированы базовые навыки  при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки  при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки  при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован 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%

ОПК-2: способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (этап освоения – базовый)

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
Знания	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	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.
Умения	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

Навыки	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-1: способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования (этап освоения – базовый)

Индикаторы компетенции	ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
Знания	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	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.
Умения	Отсутствие минимальных	При решении стандартных	Продемонстрированы основные	Продемонстрированы все основ-	Продемонстрированы все основ-	Продемонстрированы	Продемонстрированы

	умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	ные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	ные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	все основные умения, Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

**6.2.** Для оценки результатов обучения применяется в соответствии с **учебным планом подготовки бакалавров** традиционная форма аттестации **зачёт** с системой оценивания **Зачтено** и **Не зачтено**. **Критерии оценок** представлены в **таблице 3**.

Таблица 3

<b>Зачтено</b>	Отличная, хорошая или удовлетворительная подготовка. Студент на удовлетворительно или лучше отвечает на вопросы программы–минимум и основной вопрос, а также на большинство дополнительных вопросов.
<b>Не зачтено</b>	Студент показывает неудовлетворительное знание основ курса и базовых понятий, допускает значительные ошибки при ответах на большинство дополнительных вопросов. Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания.

**6.3.** Для оценивания результатов обучения в виде **знаний** и **умений** используется **индивидуальное собеседование** по двум или трём вопросам билета, в каждом из которых студенту предлагается изложить часть одного из разделов **содержания дисциплины 3.2.2**.

Для оценивания итогов обучения в виде **умений** и **владений** используются практические контрольные задания в виде краткой формулировки действий, которые следует выполнить для получения решения предложенной задачи, или описания ожидаемого результата решения предлагаемой задачи.

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

*Пример билета к зачету:*

Вопрос 1. Физическое содержание и аналитическое описание эффекта Допплера.

Вопрос 2. Уравнение движения заряженной частицы в заданном электромагнитном поле.

Вопрос 3. Материальные уравнения Минковского и граничные условия в движущемся диэлектрике.

**6.5.** Методическими материалами, определяющими процедуры оценивания сформированности компетенций, являются некоторые разделы Федеральных Государственных Образовательных Стандартов и приказов Министерства образования и науки Российской Федерации по вопросам высшего профессионального образования в России. Используются также **методические материалы для определения процедур оценивания сформированности компетенций**, которые изложены в работах [6-7] списка основной литературы.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **Рекомендуемая литература**

а) основная литература:

1. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.2 Теория поля [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2006. — 536 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2236>. — Загл. с экрана.
2. Джексон Д. - Классическая электродинамика. - М.: Мир, 1965. - 702 с.
3. Пановский В., Филипс М - Классическая электродинамика. - М.: Физматгиз, 1963. - 432 с.
4. Петрова И.Э., Орлов А.В. Оценка сформированности компетенций. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: ННГУ, 2016. 48 с.
5. Методические материалы по определению процедур оценивания сформированности компетенции/. Составители: Болховская О.В., Горбунов А.А., Грибова Е.З. и др. Учебно-методическое пособие. Н. Новгород: ННГУ, 2022 [Электронный ресурс]. URL: [http://www.unn.ru/books/met\\_files/met\\_mat\\_Mil.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/met_mat_Mil.pdf). Рег. номер 1496.17.04 (дата обращения 29.05.2022).

б) дополнительная литература:

1. Зоммерфельд А. - Электродинамика: пер. с нем. - М.: Изд-во иностр. лит., 1958. - 502 с.
2. Тоннела М.-А. - Основы электромагнетизма и теории относительности. - М.: Изд-во иностр. лит., 1962. - 483 с.
3. Новаку В. - Введение в электродинамику. - М.: Изд-во иностр. лит., 1963. - 303 с.

4. Бредов, М.М. Классическая электродинамика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М.М. Бредов, В.В. Румянцев, И.Н. Топтыгин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2003. — 400 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/606>. — Загл. с экрана.
5. Фейнман, Р. Дюжина лекций: шесть попроще и шесть посложнее [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2016. — 321 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/84140>. — Загл. с экрана.
6. Терлецкий Я. П., Рыбаков Ю. П. - Электродинамика: [учеб. пособие для физ. специальностей ун-тов]. - М.: Высшая школа, 1990. - 351, [1] с.
7. Угаров В. А. - Специальная теория относительности: учеб. пособие для физ.-мат. фак. пед. ин-тов. - М.: Наука, 1977. - 383 с.

#### Сборники задач

1. Батыгин В. В., Топтыгин И. Н. - Сборник задач по электродинамике: учеб. пособие для вузов. - М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1970. - 503 с.
2. Батыгин, В.В. Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 480 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/544>. — Загл. с экрана.

#### в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Microsoft Office (номера лицензий: 62421356 (12 шт.), 62421349);
2. Электронно-библиотечные системы (электронная библиотека):  
<http://e.lanbook.com/>;  
<http://www.biblioclub.ru>.

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обучения дисциплине имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории, компьютерным оборудованием. Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие программе дисциплины.

**Программа** составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки **03.03.03 «Радиофизика»**, квалификация **бакалавр**.

Автор программы \_\_\_\_\_ Миловский Н.Д.

Рецензент \_\_\_\_\_ Гавриленко В.Г.

Заведующий кафедрой, профессор \_\_\_\_\_ Кудрин А.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии радиофизического факультета от «09» декабря 2021 года, протокол № 07/21.