

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

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Специальная теория относительности

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

03.03.02 - Физика

Направленность образовательной программы

Фундаментальная физика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.07 Специальная теория относительности относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-2: Способен применять в научно-исследовательской деятельности профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин	ПК-2.1: Демонстрация способности применять в научно-исследовательской деятельности профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин	ПК-2.1: Знать обобщение принципа относительности на быстрые движения тел; основные законы релятивистской кинематики и динамики материальной точки и системы частиц; основные эффекты специальной теории относительности; формулировку основных законов электродинамики (включая уравнения Максвелла) в ковариантной форме; основы теории излучения электромагнитных волн релятивистскими заряженными частицами. Уметь пользоваться законами специальной теории относительности для расчета движения релятивистских частиц, а также расчета электромагнитных полей (в том числе полей излучения). Владеть навыками решения задач, основанных на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях.	Задачи	Зачёт: Задачи Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
--	-------

Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	23
Промежуточная аттестация	0
	Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	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 (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Основные принципы специальной теории относительности.	9	2	4	6	3
Релятивистская кинематика.	9	2	4	6	3
Пространство Минковского.	9	2	4	6	3
Релятивистская динамика.	9	2	4	6	3
Релятивистская формулировка уравнений электродинамики.	9	2	4	6	3
Движение релятивистской частицы в электромагнитном поле.	9	2	4	6	3
Излучение заряженных частиц.	9	2	4	6	3
Электродинамика движущихся сред	8	2	4	6	2
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	16	32	49	23

Содержание разделов и тем дисциплины

Основные принципы специальной теории относительности.

Релятивистская кинематика.

Пространство Минковского.

Релятивистская динамика.

Релятивистская формулировка уравнений электродинамики.

Движение релятивистской частицы в электромагнитном поле.

Излучение заряженных частиц.
Электродинамика движущихся сред.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

а) основная литература:

- 1) Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика в 10 томах. Том 2. Теория поля. М.: Физматлит, 1988 -512 с. -407 экз.
- 2) Джексон Дж. Классическая электродинамика. М: Мир, 1965. -702 с. -32 экз.
- 3) Пановский В., Филлипс М. "КЛАССИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА" М.: Физматгиз, 1963. -432 с. -8 экз.
- 4) Мандельштам Л.И. Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. М: Наука, 1972.-438 с. -20 экз.
- 5) В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин. Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности. М: Лань, 2010, -480 с. -40 экз.

б) дополнительная литература:

- 1) В. Паули. Теория относительности. М.: Наука, 1983,1991 -324 с. -7 экз.
- 2) Бредов М. М., Румянцев В. В., Топтыгин И. Н. - Классическая электродинамика: [учеб. пособие для физ. специальностей втузов]. - М. : Наука, 1985. - 399 с. -191 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

- 1) Учебно-образовательная физико-математическая библиотека EqWorld
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/relativity.htm>

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

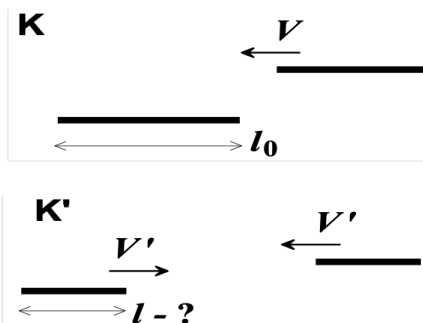
5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

Решите задачи. Запишите решение и ответ.

1. Получить формулу сложения скоростей Эйнштейна из преобразования Лоренца для вектора четырехскорости $u_j = (\gamma_u \vec{u}, i\gamma_u c)$.

Ответ:

2. Два одинаковых шеста с собственной длиной l_0 движутся навстречу друг другу со скоростью V один относительно другого. Какова будет длина шестов в той системе отсчета, где скорости шестов по модулю одинаковы.



Ответ:

3. Два спортсмена А и Б пробегают один и тот же путь (каждый – со своим секундомером на шее). Известно, что спортсмен Б бежит в 2 раза быстрее спортсмена А. Однако при сравнении показаний секундомеров спортсменов на финише оказывается, что спортсмен Б пробежал этот путь в 4 раза быстрее спортсмена А. Какова скорость спортсмена А? Какова эта скорость, если в условиях задачи заменить четверку на $X \rightarrow \infty$?

Ответ:

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. (2). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. (3). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. (4). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.

Оценка	Критерии оценивания
	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. (5). Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
не зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. (2). Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	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. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущест	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

			не в полном объеме	в полном объеме, но некоторые с недочетами	некоторые с недочетами	енными недочетам и, выполнены все задания в полном объеме	
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. 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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и 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 оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

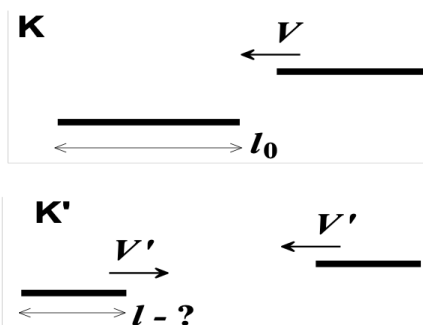
5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Решите задачи. Запишите решение и ответ.

1. Получить формулу сложения скоростей Эйнштейна из преобразования Лоренца для вектора четырехскорости $u_j = (\gamma_u \vec{u}, i\gamma_u c)$.

Ответ:

2. Два одинаковых шеста с собственной длиной l_0 движутся навстречу друг другу со скоростью V один относительно другого. Какова будет длина шестов в той системе отсчета, где скорости шестов по модулю одинаковы.



Ответ:

3. Два спортсмена А и Б пробегают один и тот же путь (каждый – со своим секундомером на шее). Известно, что спортсмен Б бежит в 2 раза быстрее спортсмена А. Однако при сравнении показаний секундомеров спортсменов на финише оказывается, что спортсмен Б пробежал этот путь в 4 раза быстрее спортсмена А. Какова скорость спортсмена А? Какова эта скорость, если в условиях задачи заменить четверку на $X \rightarrow \infty$?

Ответ:

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. (2). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. (3). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. (4). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. (5). Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых

Оценка	Критерии оценивания
	ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
не зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. (2). Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Опыт Майкельсона.

2. Относительность движения в классической и релятивистской механике.

Постулаты теории относительности.

3. Преобразования Лоренца.

4. Относительность пространственных и временных промежутков.

5. Закон сложения скоростей Эйнштейна.

6. Преобразование углов. Явление абберации света.

7. Относительность одновременности.

8. Интервал. Времени-, пространственно- и светоподобные интервалы.

9. Собственное время.

10. Пространство Минковского. Геометрическая интерпретация преобразования Лоренца и закона сложения скоростей.

11. 4х-мерные векторы, 4х-скорость и ускорение.

12. Обобщение 2-го закона Ньютона. 4х-сила Минковского.

13. Энергия свободной частицы, кинетическая энергия, энергия покоя.

14. Уравнения Лагранжа, функция Гамильтона.
15. Импульс и энергия системы частиц. Система центра инерции.
16. Столкновения частиц. Распад частиц. Устойчивость атомных ядер.
17. Эффект Комптона.
18. 4х-тензоры, 4х-дивергенция, инвариантность даламбертиана.
19. 4х-плотность тока. Инвариантность электрического заряда.
20. Инвариантная формулировка уравнений электродинамики через потенциалы.
21. Инвариантная формулировка уравнений электродинамики через поля. Тензор электромагнитного поля.
22. Поле равномерно движущегося заряда.
23. Преобразование напряженностей электрического и магнитного полей. Инварианты электромагнитного поля.
24. Инвариантность фазы плоской волны. Эффект Доплера.
25. Сила Лоренца (вывод). 4х-сила Минковского для заряда в электромагнитном поле.
26. Движение заряженной частицы в однородном электростатическом и магнитостатическом полях.
27. Потенциалы Лиенара-Вихерта.
29. Излучение ускоренно движущегося заряда при малой скорости и при произвольной скорости, параллельной ускорению.
30. Циклотронное и синхротронное излучение.
31. Потери энергии на излучение. Сила реакции излучения.
32. Эффект Вавилова-Черенкова.
33. Электродинамика движущихся сред: уравнения Максвелла и материальные уравнения в тензорной форме, инварианты электро-магнитного поля.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. (2). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные

Оценка	Критерии оценивания
	<p>умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. (3). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. (4). Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами. (5). Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.</p>
не зачтено	<p>Справедливо одно из следующих утверждений: (1). Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. (2). Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.</p>

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

- Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика : учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов : в 10 т. Т. 2. Теория поля / под ред. Л. П. Питаевского. - Изд. 8-е, стер. - М. : Физматлит, 2006. - 536 с. - ISBN 5-9221-0056-4 (т. 2) : 323.84., 1 экз.
- Джексон Джон. Классическая электродинамика / пер. с англ. Г. В. Воскресенского и Л. С. Соловьева ; под ред. Э. Л. Бурштейна. - М. : Мир, 1965. - 702 с. : черт. - 2.95., 23 экз.
- Пановский В. Классическая электродинамика / пер. с англ. В. П. Быкова ; под ред. С. П. Капицы. - М. : Физматгиз, 1963. - 432 с. : черт. - 1.49., 4 экз.
- Мандельштам Леонид Исаакович. Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике / АН СССР, Отд-ние общ. физики и астрономии. - М. : Наука, 1972. - 438 с. : с черт. - 1.91., 16 экз.
- Батыгин Владимир Владимирович. Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности : учеб. пособие. - Изд. 4-е, перераб. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. - 480 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0921-1 : 728.20., 40 экз.

Дополнительная литература:

1. Паули В. Теория относительности / пер. с нем. В. Л. Гинзбурга, Л. М. Левина. - М. ; Л. : Гостехиздат, 1947. - 300 с., 4 рис. - 11.00., 1 экз.
2. Бредов Михаил Михайлович. Классическая электродинамика : учеб. пособие / под ред. И. Н. Топтыгина. - СПб. [и др.] : Лань, 2003. - 400 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 5-8114-0511-1 : 176.00., 2 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

- 1) Учебно-образовательная физико-математическая библиотека EqWorld
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/relativity.htm>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: 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. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Савилов Андрей Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Викторов Михаил Евгеньевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 31.01.2025, протокол № 2.