

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор института технологий и
инженерной механики



Могильная Е.П.

« 18 »

04

2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«ОСНОВЫ СТО И ОТО»

По направлению подготовки 03.04.02 Физика

Магистерская программа «Теоретическая и математическая физика»

Луганск 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Основы СТО и ОТО» для магистров по направлению подготовки 03.04.02 Физика (магистерская программа «Теоретическая и математическая физика»). – 13 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Основы СТО и ОТО» составлена с учетом Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «07» августа 2020 года №891.

СОСТАВИТЕЛЬ:

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой физики Корсунов К.А.

Рабочая программа дисциплины рассмотрена на заседании кафедры физики
«18» 04 2023 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой физики _____ Корсунов К.А.

Переутверждена: «__» _____ 20__ г., протокол № ____

Директор института технологий и инженерной механики _____ Могильная Е.П.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики
«18» 04 2023 г., протокол № 3

Председатель учебно-методической комиссии
института технологий и инженерной механики _____ Ясуник С.Н.

© Корсунов К.А., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. ДАЛЯ», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Целью освоения дисциплины «Основы СТО и ОТО» является изложение основных положений специальной теории относительности и общей теории относительности, необходимых для понимания и использования основных законов физики в профессиональной деятельности; расширение фундаментальной базы физических знаний, дающей основу для дальнейшего более глубокого и детализированного изучения всех разделов теоретической физики.

Задачи изучения дисциплины:

- развитие логического и абстрактного мышления студентов;
- овладение студентами умением решать конкретные задачи СТО и ОТО, используя формализм классической и квантовой механики, электродинамики.
- формирование теоретической и практической профессиональной подготовки к преподаванию физики в общеобразовательных учреждениях, средних специальных и высших учебных заведениях;
- вооружение магистранта конкретными знаниями, дополняющими уже полученную в курсах магистерской программы информацию и позволяющими впоследствии использовать их для дальнейшей специализации.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Основы СТО и ОТО» входит в Блок 1. Дисциплины (модули) вариативной части учебного плана подготовки студентов по направлению подготовки 03.04.02 Физика (магистерская программа «Теоретическая и математическая физика»). Основывается на базе дисциплин математического и естественнонаучного цикла и основных дисциплин профессионального цикла предыдущего уровня образования.

Дисциплина реализуется кафедрой физики.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-1. Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной	ПК-1.1. Знает основные научные направления и концепции в области физики. ПК-1.2. Знает методы и способы постановки и решения задач физических исследований, принципы действия, функциональные и метрологические возможности современной аппаратуры для физических исследований. ПК-1.3. Умеет самостоятельно ставить	Знать: фундаментальные принципы и основные положения СТО и ОТО; физическое содержание основных законов, иметь представление о методах, применяемых в данной дисциплине; Уметь: применять теоретический материал к решению задач, используя формализм классической и квантовой механики,

аппаратуры информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	и и решать конкретные физические задачи научных исследований в области физики с использованием современной аппаратуры и компьютерных технологий. ПК-1.4. Владеет навыками проведения научных исследований в области физики с помощью современных методов и средств, методами обработки и обобщения информации, представления результатов, полученных в процессе решения задач исследования	электродинамики и статистической физики; адаптироваться к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности; Владеть навыками: решения задач, основанных на практическом применении изучаемого материала; общетеоретической культуры, необходимой современному преподавателю и научному работнику.
ПК-2. Способен принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности	ПК-2.1. Знает новые методы и методические подходы в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности в области физики. ПК-2.2. Умеет самостоятельно разрабатывать новые методы и методические подходы в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности. ПК-2.3. Умеет планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции. ПК-2.4. Владеет современными методами научно-инновационной и научно-исследовательской деятельности.	Знать: современные проблемы, концепции и новейшие достижения физики; Уметь: самостоятельно разрабатывать новые методы и методические подходы в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности. Владеть: современными методами исследований в контексте понимания современных проблем и новейших достижений физики

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	180 (5 зач. ед)	Не предусмотрена
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	48	
Лекции	28	
Семинарские занятия	-	
Практические занятия	28	
Лабораторные работы	-	
Курсовая работа (курсовой проект)	-	
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>)	-	
Самостоятельная работа студента / форма контактной	109/15	

работы		
Форма аттестация	зачёт	

4.2. Содержание разделов дисциплины

Семестр 2

Тема 1. Принципы СТО.

Краткая характеристика обстановки, предшествующей разработке СТО. Принцип относительности Галилея. Классический закон сложения скоростей. Постулаты Эйнштейна. Преобразования Лоренца. Собственное время. Релятивистский закон сложения скоростей. Времени-подобные и пространственно-подобные интервалы. Геометрическая интерпретация преобразований Лоренца.

Тема 2. Четырёхмерная кинематика СТО и релятивистская динамика.

Понятие скорости в СТО, 4-вектор скорости и 4-вектор ускорения. Масса покоя. 4-вектор импульса. Основной закон динамики в СТО. Сила Минковского. Энергия покоя. Кинетическая энергия релятивистской частицы. 4-вектор энергии-импульса. Закон сохранения энергии-импульса.

Тема 3. Электродинамика в релятивистской форме.

Элементы релятивистской электродинамики. 4-вектор плотности тока. 4-мерная форма закона сохранения заряда (уравнение непрерывности). Инвариантность уравнений электромагнитного поля в потенциалах. Тензор электромагнитного поля. Инварианты тензора электромагнитного поля.

Тема 4. Принципы ОТО.

Принцип ковариантности. Принцип эквивалентности. Гравитационное поле в релятивистской теории. Основные предположения о геометрии пространства-времени. События. Фундаментальная метрическая форма.

Тема 5. Механика и электродинамика в искривлённом пространстве.

Движение частиц и световых лучей в гравитационном поле. Метод эффективного Лагранжиана. Интегралы движения. Ньютоновский предел (слабые стационарные гравитационные поля и медленно движущиеся частицы). Промежутки времени и расстояния. Уравнения электродинамики в гравитационном поле. Отклонение геодезических. Тензор энергии-импульса.

Тема 6. Уравнения гравитационного поля Эйнштейна.

Получение уравнений гравитационного поля по Эйнштейну. Вариационный принцип для уравнений Эйнштейна. Координатные условия. Слабые гравитационные волны.

Тема 7. Центральное-симметричное гравитационное поле.

Решение Шварцшильда. Гравитационное красное смещение спектральных линий. Движение частиц в центральное-симметричном гравитационном поле. Траектории световых лучей в центральное-симметричном гравитационном поле

Тема 8. Элементы космологии.

Физические представления о Вселенной, лежащие в основе космологии. Метрика Фридмана. Закрытая модель Вселенной. Открытая модель Вселенной. Космологическое красное смещение. Является ли Вселенная открытой или закрытой?

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Принципы СТО	4	-
2	Четырехмерная кинематика СТО и релятивистская динамика	4	-
3	Электродинамика в релятивистской форме	4	-
4	Принципы ОТО	4	
5	Механика и электродинамика в искривлённом пространстве	4	
6	Уравнения гравитационного поля Эйнштейна	4	-
7	Центрально-симметричное гравитационное поле	2	-
8	Элементы космологии	2	-
Итого:		28	-

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Принципы СТО	4	-
2	Четырехмерная кинематика СТО и релятивистская динамика	4	-
3	Электродинамика в релятивистской форме	4	-
4	Принципы ОТО	4	
5	Механика и электродинамика в искривлённом пространстве	4	
6	Уравнения гравитационного поля Эйнштейна	4	-
7	Центрально-симметричное гравитационное поле	2	-
8	Элементы космологии	2	-
Итого:		28	-

4.5. Лабораторные работы по дисциплине «Основы СТО и ОТО» не предполагаются учебным планом.

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма

1	Принципы СТО	Выполнение домашнего задания. Решение задач.	10	-
2	Четырехмерная кинематика СТО и релятивистская динамика	Выполнение домашнего задания. Решение задач.	10	-
3	Электродинамика в релятивистской форме	Выполнение домашнего задания. Решение задач.	10	-
4	Принципы ОТО	Выполнение домашнего задания. Решение задач	10	-
5	Механика и электродинамика в искривлённом пространстве	Изучение материала	16	-
6	Уравнения гравитационного поля Эйнштейна	Выполнение домашнего задания. Решение задач.	20	-
7	Центрально-симметричное гравитационное поле	Выполнение домашнего задания. Решение задач.	10	-
8	Элементы космологии	Выполнение домашнего задания. Решение задач.	10	-
Итого:			96	-

4.7. Курсовые работы/проекты по дисциплине «Основы СТО и ОТО» не предполагаются учебным планом.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий: объяснительно-иллюстративного обучения (технология поддерживающего обучения, технология проведения учебной дискуссии), информационных технологий (презентационные материалы), развивающих и инновационных образовательных технологий.

Практические занятия проводятся с использованием развивающих, проблемных, проектных, информационных (использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект) образовательных технологий.

6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. – М.: Наука, 1973.- – 904 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошной среды. – М.: Наука, 1982. – 623 с.
3. Левич В.Г. Курс теоретической физик. Т.1. – М.: Наука, 1969. – 910 с.
4. Угаров В.А. Специальная теория относительности. – М.: Наука, 1969. – 302 с.
5. Паули В. Теория относительности. – М.: Наука, 1983. – 336 с.
6. Гриб А.А. Основные представления современной космологии: учебное пособие /А.А. Гриб. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011.– 107 с. (ЭБС «КнигаФонд»)

7. Васильев, А.Н. Классическая электродинамика. Краткий курс лекций /А.Н. Васильев.– Изд. БХВ-Петербург, 2010.– 288 с.

б) дополнительная литература:

1. Матвеев А.Н. Электродинамика и теория относительности. – М.: Высшая школа, 1964. – 422 с.

2. Савельев И.В. Основы теоретической физики. Т.1. - М.: Наука, 1991. – 493 с.

3. Пеннер Д.И., Угаров В.А. Электродинамика и специальная теория относительности. – М.: Просвещение, 1980. – 271 с.

4. Уолд, Роберт М. Общая теория относительности /Роберт М. Уолд ; пер. с англ. В. Р. Гаврилов и др.; ред. перевода И. Л. Бухбиндер, С. В. Червон. – М.: Издательство Российского университета дружбы народов, 2008. – 692 с.

в) методические указания:

1. Методические указания к практическим занятиям и контрольные задания по дисциплине «Основы СТО и ОТО» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.04.02 «Физика», магистерская программа «Теоретическая и математическая физика») / Сост.: К.А. Корсунов, А.В. Чаленко, – Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. ДАЛЯ, 2019. – 18 с.

г) Интернет-ресурсы:

•Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.пф/>

•Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

•Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

•Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

•Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

•Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

•Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

•Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

•Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

•Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

•Электронный каталог Научно-технической библиотеки ЮРГПУ (НПИ) –

<https://libweb.srspu.ru/MegaProWeb/Web>

• Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/register>

• Научная электронная библиотека eLibrary – <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

• Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

На лекционных занятиях используются раздаточный материал, наглядные пособия, мультимедийный проектор для показа фильмов, имеется экран, компьютер.

Практические и лабораторные занятия проводятся в специальных лабораториях, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл–менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине «Основы СТО и ОТО»

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Основы СТО и ОТО»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции и (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-1	Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4	Тема 1. Принципы СТО.	2
				Тема 2. Четырехмерная кинематика СТО и релятивистская динамика.	2
				Тема 3. Электродинамика в релятивистской форме.	2
				Тема 4. Принципы ОТО.	2
				Тема 5. Механика и электродинамика в искривлённом пространстве	2
				Тема 6. Уравнения гравитационного поля Эйнштейна..	2
				Тема 7. Центральное-симметричное гравитационное поле	2
				Тема 8. Элементы космологии	2
2	ПК-2	Способен принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4	Темы 1-8	2

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1	ПК-1 ПК-1.1,	Знать: фундаментальные принципы и основные положения СТО и ОТО; физическое содержание основных законов, иметь	Темы 1-8	Вопросы экзаменационных

	ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4	представление о методах, применяемых в данной дисциплине. Уметь: применять теоретический материал к решению задач, используя формализм классической и квантовой механики, электродинамики и статистической физики; адаптироваться к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности. Владеть: навыками: решения задач, основанных на практическом применении изучаемого материала; общетеоретической культуры, необходимой современному преподавателю и научному работнику.		работ, контрольные работы.
2	ПК-2 ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4	Знать: современные проблемы, концепции и новейшие достижения физики. Уметь: самостоятельно разрабатывать новые методы и методические подходы в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности. Владеть: современными методами исследований в контексте понимания современных проблем и новейших достижений физики	Темы 1-8	Вопросы экзаменационных работ, контрольные работы

Фонды оценочных средств по дисциплине «Основы СТО и ОТО»

Оценочные средства для промежуточной аттестации (Зачет)

Теоретические вопросы:

1. Принцип относительности Галилея. Классический закон сложения скоростей.
2. Постулаты Эйнштейна. Преобразования Лоренца.
3. Следствие преобразований Лоренца. Собственное время. Лоренцово сокращение длины. Релятивистский закон сложения скоростей.
4. Времени-подобные и пространственно-подобные интервалы. Мир Минковского.
5. Геометрия СТО. Геометрическая интерпретация преобразований Лоренца.
6. Понятие скорости в СТО, 4-вектор скорости и 4-вектор ускорения.
7. Масса покоя. 4-вектор импульса. Основной закон динамики в СТО. Сила Минковского.
8. Энергия покоя. Кинетическая энергия релятивистской частицы. 4-вектор энергии-импульса. Закон сохранения энергии-импульса.
9. Элементы релятивистской электродинамики. 4-вектор плотности тока. 4-мерная форма закона сохранения заряда (уравнение непрерывности).
10. Инвариантность уравнений электромагнитного поля в потенциалах.
11. Тензор электромагнитного поля. Инварианты тензора электромагнитного поля.
12. Принципы ОТО. Принцип ковариантности.
13. Принципы ОТО. Принцип эквивалентности.

14. Гравитационное поле в релятивистской теории. Метрический тензор
15. Основные предположения о геометрии пространства-времени. События. Фундаментальная метрическая форма.
16. Движение частиц и световых лучей в гравитационном поле.
17. Метод эффективного Лагранжиана. Интегралы движения.
18. Ньютоновский предел (слабые стационарные гравитационные поля и медленно движущиеся частицы).
19. Промежутки времени и расстояния. Определения. Воображаемый эксперимент с зеркалом.
20. Уравнения электродинамики в гравитационном поле.
21. Отклонение геодезических в искривлённом пространстве.
22. Тензор энергии-импульса.
23. Получение уравнений гравитационного поля по Эйнштейну.
24. Вариационный принцип для уравнений Эйнштейна.
25. Координатные условия в ОТО.
26. Слабые гравитационные волны.
27. Центральное-симметричное гравитационное поле. Решение Шварцшильда.
28. Гравитационное красное смещение спектральных линий.
29. Движение частиц в центральное-симметричном гравитационном поле.
30. Траектории световых лучей в центральное-симметричном гравитационном поле.
31. Физические представления о Вселенной, лежащие в основе космологии.
32. Метрика Фридмана.
33. Закрытая модель Вселенной.
34. Открытая модель Вселенной.
35. Космологическое красное смещение.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль («зачет»)

Шкала оценивания	Критерий оценивания
зачтено	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
Не зачтено	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)