

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Физический факультет

Кафедра физики элементарных частиц

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

General Relativity-Общая теория относительности

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 2, семестры 3-4

профиль

Физика высоких энергий

Форма обучения: **очная**

Разработчик:

д.ф.-м.н. А.Д. Долгов

Заведующий кафедрой ФЭЧ ФФ

д.ф.-м.н. И.Б. Логашенко



Новосибирск 2020

Содержание

Аннотация к рабочей программе дисциплины «General Relativity - Общая теория относительности»	3
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	5
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	6
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося.....	6
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	7
5. Перечень учебной литературы	9
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся	10
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	10
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	10
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	11
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	11

Аннотация
к рабочей программе дисциплины
«General Relativity - Общая теория относительности»»
Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**
Направленность (профиль): **Физика высоких энергий**

Дисциплина «General Relativity-Общая теория относительности» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Физика высоких энергий» по очной форме обучения на русском/английском языке. Дисциплина «General Relativity-Общая теория относительности» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Дисциплина «General Relativity-Общая теория относительности» реализуется в третьем и четвертом семестрах в рамках вариативной части дисциплин (модулей) в составе модуля «Физика высоких энергий» в качестве обязательной дисциплины и является базовой для осуществления научно-исследовательской деятельности и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации).

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Знания:

УК-1.1. Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.

УК-5.1. Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.

ОПК-1.1. Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.

ПК-1.1. Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.1. Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

Умения:

УК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.

УК-5.2. Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.

ОПК-1.2. Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.

ПК-1.2. Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

ПК-2.2. Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

Навыки:

УК-5.3. Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.

ОПК-1.3. Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.

Перечень основных разделов дисциплины: основы римановой геометрии, уравнения Эйнштейна, решение Шварцшильда, эффекты общей теории относительности (вращение перигелия Меркурия), гравитационные волны, чёрные дыры.

Дисциплина имеет своими целями:

- систематизировать базовые знания аспирантов по основным разделам общей теории относительности,
- дать углубленное представление о разделах общей теории относительности, наиболее востребованных в местах вероятного будущего трудоустройства аспирантов,
- проверить полноту владения базовыми знаниями по специальности,
- подготовить аспирантов к сдаче кандидатского экзамена по специальности,
- дать аспирантам возможность получить практические навыки в обсуждении и критическом анализе современных научных достижений.

Текущий контроль успеваемости включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий и представление доклада по тематике научных исследований.

Промежуточная аттестация по дисциплине «General Relativity - Общая теория относительности» проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета, по результатам которого выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» может быть выставлена по результатам текущего контроля, если в ходе представления самостоятельно подготовленного доклада и ответов на вопросы обучающийся продемонстрировал уровень сформированности компетенций не ниже порогового. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации. На зачете для дополнительной проверки сформированности отдельных компетенций обучающемуся могут быть заданы вопросы по пройденному материалу.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции и практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем/консультации в период занятий. самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 4 зачетных единицы (144 часа).

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

Код	Компетенции, формируемые в рамках дисциплины
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.
УК-5. Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.
ОПК-1.3	Владеть способностью составлять и оформлять научно-технической документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.
ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.	
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.	
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «General Relativity - Общая теория относительности» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 03.06.01 «Физика и астрономия» профиль подготовки «Физика высоких энергий» по очной форме обучения на русском/английском языке. Дисциплина «General Relativity - Общая теория относительности» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов.

Перечень основных разделов дисциплины: основы римановой геометрии, уравнения Эйнштейна, решение Шварцшильда, эффекты общей теории относительности (вращение перигелия Меркурия), гравитационные волны, чёрные дыры.

Дисциплина имеет своими целями:

- систематизировать базовые знания аспирантов по основным разделам общей теории относительности,
- дать углубленное представление о разделах общей теории относительности, наиболее востребованных в местах вероятного будущего трудоустройства аспирантов,
- проверить полноту владения базовыми знаниями по специальности,
- подготовить аспирантов к сдаче кандидатского экзамена по специальности,
- дать аспирантам возможность получить практические навыки в обсуждении и критическом анализе современных научных достижений.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции и практические занятия, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, индивидуальная работа с преподавателем/консультации в период занятий. самостоятельная подготовка обучающихся, зачет.

Общий объем дисциплины – 4 зачетных единицы (144 часа).

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины General Relativity-Общая теория относительности:

Кандидатский экзамен по модулю Физика высоких энергий

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

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)					
		Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Индивидуальная работа с преподавателем/ Консультации в период занятий			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	72	32	16		8	14			2		

4	72	32	16		8	14			2		
ИТОГО	144	64	32		16	28			4		
Всего 144 часа /4 зачетных единицы из них: - контактная работа 116 часов - в интерактивных формах 48 часов											
Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2											

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

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Консультации перед экзаменом (в часах)	Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы			Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	Сам. работа во время промежуточной аттестации		
				Лекции	Практические занятия	Индивидуальная работа с преподавателем / Консультации в период занятий				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3 семестр										
1.	Краткая история ОТО.	1	4	4						
2.	Уравнения движения.	2-3	6	6						
3.	Основы римановой геометрии.	4-6	6	6						
4.	Относительное ускорение двух тел.	7-9	4	4						
5.	Уравнения Эйнштейна.	10-12	6	6						
6.	Неизбежность нелинейности.	13-16	6	6						
7.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	38		16	8	14			
8.	Зачет	17	2							2
9.	Всего по семестру		72	32	16	8	14			2
4 семестр										
	Вариационный принцип.	1	4	4						
	Решение Шварцшильда.	2-3	4	4						
	Вращение перигелия Меркурия.	4-6	4	4						
	Квазимагнитные	7-8	4	4						

	эффекты.								
	Гравитационные волны.	9-10	4	4					
	Излучение релятивистских частиц.	11-12	4	4					
	Горизонт поля Шварцшильда.	13-14	4	4					
	Черные дыры, их свойства.	15-16	4	4					
	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	38		16	8	14		
	Зачет	17	2						2
	Всего по семестру		72	32	16	8	14		2
	ИТОГО		144	64	32	16	28		4

Лекционные и практические занятия проводятся в интерактивной форме, подразумевающей со стороны преподавателя постановку проблемы по указанным темам, формулировку некоторых практических заданий и задач, подходы к решению которых должны найти обучающиеся в ходе занятия. Практикуется обсуждение проблемных вопросов, в том числе, с элементами свободной дискуссии с участием обучающихся и преподавателя. На занятиях также заслушиваются доклады обучающихся по заданным темам, сопровождающиеся уточняющими вопросами со стороны преподавателя и других обучающихся. Темы закрепляются в ходе самостоятельной работы обучающегося по решению задач с использованием рекомендованной литературы, а также в процессе научно-исследовательской деятельности.

Программа лекций

3 семестр

- 1. Краткая история ОТО.** Сходство с электродинамикой и отличие от нее. Универсальность гравитационного взаимодействия и геометризация.
- 2. Уравнения движения.** Геодезические. Ньютоновское приближение.
- 3. Основы римановой геометрии.** Параллельный перенос, символы Кристоффеля, ковариантное дифференцирование. Тензор Римана, его свойства, тождества Бьянки.
- 4. Относительное ускорение двух тел.**
- 5. Уравнения Эйнштейна.** Линейное приближение, закон Ньютона.
- 6. Необходимость нелинейности.** Снова уравнения движения. Необходимость тензорной теории.
- 7. Линейные эффекты.** Красное смещение, отклонение света Солнцем.

4 семестр

- 1. Вариационный принцип.** Тензор энергии-импульса.
- 2. Решение Шварцшильда.** Решение Нордстрема.
- 3. Вращение перигелия Меркурия.** Задержка луча света.
- 4. Квазимагнитные эффекты.** Прецессия гироскопа на орбите, спин-орбитальное и спин-спиновое взаимодействия. Сдвиг фазы света.

5. **Гравитационные волны.** Псевдотензор энергии-импульса гравитационного поля. Квадрупольное излучение.
6. **Излучение релятивистских частиц.** Электромагнитное излучение. Резонансное взаимодействие электромагнитной и гравитационной волн во внешнем поле. Гравитационное излучение.
7. **Горизонт поля Шварцшильда.** Метрика Керра. Эргосфера. Судьба массивной звезды. Коллапс.
8. **Черные дыры, их свойства.** Космологические решения. Возраст Вселенной. Реликтовое излучение. Инфляционная модель.

Программа практических занятий.

3-4 семестр

В рамках практических занятий обучающиеся представляют научные доклады по темам лекций с привязкой к тематикам своих научных исследований.

Индивидуальная работа с преподавателем

Перечень работ	Объем, час
Обсуждение плана доклада по избранной теме, рекомендации преподавателя относительно литературных источников, которые можно использовать при подготовке доклада, индивидуальные консультации по ходу подготовки доклада. Обсуждение задач, стоящих перед аспирантом в рамках его научно-исследовательской работы, и возможных способов их решения с привлечением различных методов.	16

Самостоятельная работа обучающихся

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Изучение проблемы в историческом аспекте с использованием лекций и обязательной литературы. Анализ периодической литературы за последние 5 лет, относящейся к теме доклада. Периодическая литература, имеющаяся в доступных полнотекстовых базах данных. Подготовка доклада по одной тем лекций, вынесенных на самостоятельную подготовку	28

5. Перечень учебной литературы

5.1 Основная литература

1. А.Лайтман, В.Пресс, Р.Прайс, С.Тюкольски, Сборник задач по теории относительности и гравитации, Мир, 1979

<https://ikfia.ysn.ru/wp-content/uploads/2018/01/LajtmanPressPrajsTjukolski1979ru.pdf>

2. Andrade, Primo Nunes de. The Foundations of Physical Cosmology and the Principles of Conservation and Relativity / P. N. Andrade. S. 1. : Sedegra, 1967. 111 p.

<https://ruslan-neo.nsu.ru/pwb/detail?db=BOOKS&id=RU%5CNSU%5Cbooks%5C6532>

3. Горбунов Д.С. Рубаков В.А. Введение в теорию ранней Вселенной: Теория горячего Большого взрыва. т.1. Издательство ЛКИ, 2008.

http://nuclphys.sinp.msu.ru/books/astro/%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%B1%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%B2_%D0%A0%D1%83%D0%B1%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B2_1.djvu

5.2 Дополнительная литература

4. Хокинг, Стивен. Краткая история времени: от большого взрыва до черных дыр: [пер. с англ.] / С. Хокинг. Москва: Амфора, 2001. 268 с. : ил. ; 20 см. (Эврика!).
<https://ruslan-neo.nsu.ru/pwb/detail?db=BOOKS&id=RU%5CNSU%5Cbooks%5C83522>

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

Размещение учебных материалов: Адрес страницы аспирантуры ИЯФ СО РАН
<http://www.inp.nsk.su/obrazovanie/aspirantura>

Обучающиеся полностью обеспечены необходимой научной литературой за счет фондов библиотеки НГУ (<http://libra.nsu.ru/>). Обучающимся, проходящим практику в Институтах СО РАН, предоставляется доступ к информационным ресурсам на тех же основаниях, что и научным сотрудникам этих институтов на основании договоров о прохождении практической подготовки.

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

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

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

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС.

7.1 Современные профессиональные базы данных:

1. Полнотекстовые журналы Springer Journals за 1997-2020 г., электронные книги (2005-2020 гг.), коллекция научных биомедицинских и биологических протоколов SpringerProtocols, коллекция научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials, реферативная БД по чистой и прикладной математике zbMATH.

2. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ).

3. Полнотекстовые электронные ресурсы Freedom Collection издательства Elsevier (Нидерланды) (23 предметные коллекции).

4. Электронные ресурсы Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.), Journal Citation Reports + ESI.

5. Электронные БД JSTOR (США). 15 предметных коллекций: Arts & Sciences I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, Life Sciences, Health & General Science, Mathematics & Statistics, Ecology & Botany, Language & Literature, Business I, II).

6. БД Scopus (Elsevier).

7. Лицензионные материалы на сайте eLibrary.ru.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются

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

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

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

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

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации;
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

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

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

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

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине и индикаторов их достижения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по дисциплине представлен в разделе 1.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль успеваемости включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий, представление доклада по тематике научных исследований.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация по дисциплине «General Relativity-Общая теория относительности» проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета, по результатам которого выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» может быть выставлена по результатам текущего контроля, если в ходе представления самостоятельно подготовленного доклада и ответов на вопросы обучающийся продемонстрировал уровень сформированности компетенций не ниже порогового. Оценка «зачтено» является положительным результатом прохождения промежуточной аттестации. На зачете для дополнительной проверки сформированности отдельных компетенций обучающемуся могут быть заданы вопросы по пройденному материалу.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине General Relativity-Общая теория относительности

Таблица 10.1

Код компетенции	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.	
УК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений физики, в части постановки актуальных задач научных исследований в применении к профессиональной области деятельности и в зависимости от специфики объекта исследования.	
УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
УК-5.1	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и оценки собственной деятельности по решению профессионально-значимых задач.	
УК-5.2	Уметь выявлять и формулировать проблемы собственного профессионального развития, владеть приемами осознания собственных достижений с целью их совершенствования.	
УК-5.3	Обладать знаниями, достаточными для выполнения научных исследований на современном мировом уровне в применении к профессиональной области деятельности в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1. Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
ОПК-1.1	Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности.	
ОПК-1.2	Уметь определять и применять современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования.	
ОПК-1.3	Владеть способностью составлять и оформлять научно-техническую документацию, научные отчеты, обзоры, доклады и статьи.	
ПК-1. Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.		Работа на практических занятиях Представление доклада
ПК-1.1	Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и	

	процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	Зачет
ПК-1.2	Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-2. Способность к решению научных и практических задач в области физики в зависимости от специфики профиля подготовки.		Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
ПК-2.1	Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	
ПК-2.2	Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования.	

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (не зачтено)	Пороговый уровень (зачтено)	Базовый уровень (зачтено)	Продвинутый уровень (зачтено)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	УК 1.1 УК 5.1 ОПК 1.1 ПК 1.1 ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	УК 1.2 УК 5.2 ОПК 1.2 ПК 1.2 ПК 2.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без

			ошибки.	недочетами.	недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	УК 5.3 ОПК 1.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

1. Перечень вопросов к зачету по дисциплине «General Relativity-Общая теория относительности».

Краткая история ОТО. Сходство с электродинамикой и отличие от нее. Универсальность гравитационного взаимодействия и геометризация.
Уравнения движения. Геодезические. Ньютоновское приближение. Основы римановой геометрии. Параллельный перенос, символы Кристоффеля, ковариантное дифференцирование. Тензор Римана, его свойства, тождества Бьянки.
Относительное ускорение двух тел. Уравнения Эйнштейна. Линейное приближение, закон Ньютона.
Неизбежность нелинейности. Снова уравнения движения. Неизбежность тензорной теории. Линейные эффекты. Красное смещение, отклонение света Солнцем.
Вариационный принцип. Тензор энергии-импульса. Решение Шварцшильда. Решение Нордстрема.
Вращение перигелия Меркурия. Задержка луча света.
Квазимагнитные эффекты. Прецессия гироскопа на орбите, спин-орбитальное и спин-спиновое взаимодействия. Сдвиг фазы света. Гравитационные волны. Псевдотензор энергии-импульса гравитационного поля. Квадрупольное излучение.
Излучение релятивистских частиц. Электромагнитное излучение. Резонансное взаимодействие электромагнитной и гравитационной волн во внешнем поле. Гравитационное излучение. Горизонт поля Шварцшильда.
Метрика Керра. Эргосфера. Судьба массивной звезды. Коллапс.
Черные дыры, их свойства. Космологические решения. Возраст Вселенной. Реликтовое излучение. Инфляционная модель.

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