

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

Физический факультет
Кафедра физики элементарных частиц



академик РАН

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФФ

А. Е. Бондарь

« 04 » 10 2020 г.

Рабочая программа дисциплины
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Направление подготовки: 03.04.02 Физика, Курс 2, семестр 2
направленность (профиль): Общая и фундаментальная физика

Форма обучения

Очная

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			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	36	32					2		2	
Всего 72 часа / 2 зачетные единицы из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции : ПК-1, ПК-2										

Разработчик, к. физ.-мат. наук

А.В. Грабовский

Заведующий кафедрой ФЭЧ ФФ НГУ
д.ф.-м.н.

И.Б. Логашенко

Руководитель программы
д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

Новосибирск 2020

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	5
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	6
Программа и основное содержание лекций (16 часов)	6
5. Перечень учебной литературы.	7
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	8
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	8
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	9

Аннотация
к рабочей программе дисциплины
«Дополнительные главы общей теории относительности»
Направление: **03.04.02 Физика**
Направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Программа дисциплины «Дополнительные главы общей теории относительности» составлена в соответствии с требованиями СУОС к уровню магистратуры по направлению подготовки **03.04.02 Физика, «Общая и фундаментальная физика»**, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ) кафедрой физики элементарных частиц в качестве факультатива. Дисциплина изучается студентами первого курса магистратуры физического факультета.

Цели курса- знакомство с современными проблемами и методами исследования гравитации и детальное обсуждение вопросов, которые не входят в стандартную университетскую программу, но знание и правильное понимание которых очень важно для работы исследователей.

Обучение предполагается проводить не на основе повторения базового университетского курса, а на основе обсуждения нетривиальных и интересных физических проблем, решение которых потребует напоминания основ теории. Это позволит подготовиться к сдаче кандидатских экзаменов, а также повысить интерес к исследовательской работе. В рамках курса излагаются основные теоретические подходы к описанию черных дыр в классической общей теории относительности, излучение Хокинга, рассматриваются следующие темы: методы Хартле – Хокинга и Хокинга – Гиббонса для описания излучения черных дыр и пространства де Ситтера, формализм Арновитта – Дезера – Мизнера, вопросы квантования гравитации, ОТО в новых переменных Аштекара.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника профессиональных компетенций:

ПК-1 способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта

ПК-2 способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- теоретические методы, применяемые в ОТО, основные концепции, лежащие в основе построения ОТО, современную литературу по тематике курса «Дополнительные главы общей теории относительности»
- базовые разделы ОТО: основные понятия, модели и законы физики черных дыр; теоретические и методологические основы построения ОТО в гамильтоновом формализме, проблемы на пути квантования ОТО

Уметь:

- уметь самостоятельно решать простейшие задачи и проводить оценки для процессов слияния черных дыр, времени жизни черных дыр
- уметь применять полученные знания для описания процессов квантовой теории поля в искривленном пространстве.

Владеть:

- владеть навыками постановки и решения задач научных исследований в области гравитации

-владеть основными методами научных исследований, навыками использования теоретических основ базовых разделов общей и теоретической физики при решении научно-инновационных задач; знаниями на уровне, позволяющем проводить эффективный анализ научной и технической информации в области гравитации

Курс рассчитан на один семестр (2-й). Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, консультации, самостоятельная работа студента и ее контроль преподавателями с помощью заданий, зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: опрос по материалам предыдущей лекции

Промежуточная аттестация: зачёт

Общая трудоемкость составляет 1 зачетных единиц, 36 часов

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

Основной целью дисциплины «Дополнительные главы общей теории относительности» является углубленное обучение магистрантов-физиков общей теории относительности (ОТО). В курсе излагается материал, знание которого необходимо как для теоретиков, так и для экспериментаторов. Он включает основы физики черных дыр, описание квантовых эффектов в искривленном пространстве – времени, гамильтонов формализм в ОТО, обзор проблем, связанных с квантованием ОТО. Во втором семестре рассматриваются следующие темы: методы Хартле – Хокинга и Хокинга – Гиббонса для описания излучения черных дыр и пространства де Ситтера, формализм Арновитта – Дезера – Мизнера, ОТО в новых переменных Аштекара.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональных компетенций (ПК):

ПК-1 -способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта:

ПК-2 - способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности;

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

-теоретические методы, применяемые в ОТО, основные концепции, лежащие в основе построения ОТО, современную литературу по тематике курса «Дополнительные главы общей теории относительности» (ПК 1.1).

-базовые разделы ОТО: основные понятия, модели и законы физики черных дыр; теоретические и методологические основы построения ОТО в гамильтоновом формализме, проблемы на пути квантования ОТО (ПК 2.1).

Уметь:

-уметь самостоятельно решать простейшие задачи и проводить оценки для процессов слияния черных дыр, времени жизни черных дыр (ПК 1.2).

-уметь применять полученные знания для описания процессов квантовой теории поля в искривленном пространстве. (ПК 2.2).

Владеть:

-владеть навыками постановки и решения задач научных исследований в области гравитации (ПК 1.3).

-владеть основными методами научных исследований, навыками использования теоретических основ базовых разделов общей и теоретической физики при решении

научно-инновационных задач; знаниями на уровне, позволяющем проводить эффективный анализ научной и технической информации в области гравитации (ПК 2.3).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Дополнительные главы общей теории относительности» реализуется в весеннем семестре 1-го курса для магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 03.04.02 Физика. Курс является факультативной дисциплиной, реализуемой кафедрой физики элементарных частиц. Дисциплина «Дополнительные главы общей теории относительности» опирается на базовый магистерский курс «Общая теория относительности». Дисциплина должна предшествовать выполнению магистерской диссертации т.к. дает магистранту необходимые знания, навыки и предоставляет инструменты для выполнения исследований в области гравитации в рамках подготовки его квалификационной работы.

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

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			Консультации	Зачет	Дифференциальный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	36	16			18			2		
Всего 36 часов /2 зачетные единицы из них: - контактная работа 18 часов										
Компетенции : ПК-1,ПК-2										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента и ее контроль преподавателем с помощью опросов, зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: опрос по материалам предыдущей лекции

Промежуточная аттестация: зачет

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 1 зачетную единицу.

- занятия лекционного типа – 16 часов;
- самостоятельная работа в течение семестра, не включая период сессии – 18 часов;
- промежуточная аттестация (зачет) – 2 часа;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, зачет) составляет 18 часов.

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

Дисциплина «Дополнительные главы общей теории относительности» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 1-ом курсе магистратуры физического факультета НГУ. Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетную единицу, 36 академических часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в период сессии) (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	
				Лекции (кол-во часов)	Практические занятия (кол-во часов)		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Излучение черных дыр и пространства де Ситтера	1–5	11	5		6	
2	Гамильтонов формализм в ОТО	6-10	11	5		6	
3	Проблемы квантования	11-16	12	6		6	
	Зачет	17	2				2
	Всего		36	16		18	2

Программа и основное содержание лекций (16 часов)

I. Излучение черных дыр и пространства де Ситтера (5 часов)

1. Римановы нормальные координаты. Действие для частицы в гравитационном поле. Уравнение Гамильтона – Якоби.
2. Тепловые функции Грина. Соотношения Кубо – Мартина – Швингера. Принцип детального равновесия.
3. Решение Шварцшильда. Аналитическое продолжение в область мнимого времени.
4. Пропагатор скалярной частицы в поле Шварцшильда. Представление в виде функционального интеграла. Уравнение на функцию Грина.
5. Квазиклассическое приближение в пространствах Минковского и Шварцшильда.
6. Нулевые геодезические. Область аналитичности пропагатора и положение полюсов. Уравнение отклонения геодезических.
7. Редукционные формулы Лемана – Симанчика – Циммермана. Амплитуда распространения поля из под горизонта черной дыры. Связь вероятностей поглощения и излучения волны в поле Шварцшильда.
8. Обобщение результатов на вращающиеся и заряженные черные дыры и пространство де Ситтера.

II. Гамильтонов формализм в ОТО (5 часов)

9. 3+1 формализм Арновитта – Дезера – Мизнера. Расслоение пространства – времени. Функции хода и сдвига, пространственная метрика.

10. Нормаль к поверхностям постоянного времени. Внешняя кривизна.
11. Операторный формализм. Производные Ли. Тензоры и плотности.
12. Формулы Гаусса – Кодацци. Действие Эйнштейна – Гильберта в 3+1 формализме.
13. Гамильтоново и импульсные уравнения связи. Алгоритм Дирака для систем со связями. Построение гамильтониана Арновитта – Дезера – Мизнера.
14. Скобки Пуассона и уравнения движения для пространственной метрики и сопряженных импульсов.
15. Алгебра связей.
16. Решения обладающие моментом симметрии по времени. Начальные условия для системы n черных дыр. АДМ масса. Начальные условия Мизнера для кротовой норы.
17. Выбор калибровки. Геодезическое и максимальное расслоение.

III. Проблемы квантования (6 часов)

18. Построение гильбертового пространства, упорядочивание операторов, наложение связей, построение физических состояний. Уравнение Уиллера – деВитта. Проблема времени в квантовой гравитации.
19. Расширение пространства АДМ. Триады и тетрады. Закон Гаусса. Переменные Аштекара.

Самостоятельная работа студентов (18 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к занятиям по материалам лекций	9
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	9

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

5.2. Дополнительная литература

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

1. Ч. Мизнер, К. Торн, Дж. А. Уилер, Гравитация, Бишкек : Айнштайн, т.1 – 1994, т.2 – 1996, т.3 – 1997.
2. С. Вайнберг, Гравитация и космология : принципы и приложения общей теории относительности, Волгоград : Платон, 2000.
3. С. Вайнберг, Космология, Москва : URSS: ЛИБРОКОМ, 2012.
4. J. V. Hartle, S. O. Hawking, Path-integral derivation of black-hole radiance, Phys. Rev. D. 13 (1976), 2188.
5. S. Hawking, Particle Creation by Black Holes, Commun. math. Phys. 43, 199-220 (1975).
6. G. W. Gibbons and S. W. Hawking, Cosmological event horizons, thermodynamics, and particle creation, Phys. Rev. D. 15 (1977), 2738.
7. T. W. Baumgarte, S. Shapiro, Numerical Relativity, Cambridge University Press, 2010.
8. L. C. B. Crispino, A. Higuchi, G. E. A. Matsas, The Unruh effect and its applications, Rev. Mod. Phys., 80, 2008, 787.

9. M. Socolovsky, Rindler space, Unruh effect and Hawking temperature, Annales de la Fondation Louis de Broglie, Volume 39, 2014, 1.

10. M. Srednicki, Quantum Field Theory, Cambridge university press, 2007.

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

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

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

Интернет-ресурсы:

1. P.K. Townsend, Black Holes, arXiv:gr-qc/9707012 .
2. Matthias Blau, Lecture Notes on General Relativity, 2019, <http://www.blau.itp.unibe.ch/Lecturenotes.html>
3. M. Spradlin, A. Strominger and A. Volovich, Les Houches Lectures on de Sitter Space, hep-th/0110007.
4. T. Thiemann, Introduction to Modern Canonical General Relativity, arXiv:gr-qc/0110034.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются

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.

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 занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой 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.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленные компетенции ПК-1 и ПК-2 сформированы не ниже порогового уровня.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на зачете. Зачет проводится в конце семестра билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенций ПК-1 и ПК-2.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Оценка «зачтено» ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня и означает успешное прохождение промежуточной аттестации.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Дополнительные главы общей теории относительности».

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	ПК 1.1 ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументиров

			негрубых ошибок.	несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	анно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	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 ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.3 ПК 2.3	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 материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Билеты на зачет

Билет 1

1. Римановы нормальные координаты. Выразить производные символов Кристоффеля и инвариантный объем через тензор Римана в этих координатах.
2. Внешняя кривизна. Выразить внешнюю кривизну через 3-метрику, функции хода и сдвига.
3. Расширение пространства АДМ. Триады. Выражение 3-метрики и внешней кривизны через триады.

Билет 2

1. Вычислить 4-вектор ускорения для эйлеровых (нормальных) наблюдателей.
2. Физическое фазовое пространство. Проблема времени.
3. Оценить массу черной дыры, время жизни которой равно возрасту вселенной.

Билет 3

1. Различные формы действия для частицы в гравитационном поле. Уравнение Гамильтона – Якоби. Вывести тождества, связывающие квадрат интервала и его производные.
2. Производные Ли. Вычислить производные Ли от 3-метрики и сопряженных ей канонических импульсов по вектору сдвига.
3. Калибровочная свобода в расширенном пространстве АДМ. Закон Гаусса как генератор калибровочных преобразований. Вычислить гамильтониан ОТО через триадную плотность и внешнюю кривизну.

Билет 4

1. Тепловые функции Грина. Принцип детального равновесия. Получить соотношения Кубо – Мартина – Швингера.
2. Производные Ли. Вычислить производные Ли от 3-метрики и сопряженных ей канонических импульсов по вектору нормали.
3. Уравнения связи. Алгоритм Дирака. Вычислить скобки Пуассона от 3-метрики и сопряженного ей импульса в переменных триадная плотность – внешняя кривизна.

Билет 5

1. Решение Шварцшильда в переменных Крускала. Построить его аналитическое продолжение на мнимое время.
2. Получить действие Эйнштейна – Гильберта через 3-метрику, функции хода и сдвига.
3. Как ковариантная производная действует на триады. Спин-связность. Показать, что спин-связность является элементом алгебры $so(3)$.

Билет 6

1. Пропагатор скалярной частицы в искривленном пространстве-времени как функциональный интеграл. Продемонстрировать, что он удовлетворяет уравнению Клейна – Гордона.
2. Получить гамильтоново уравнение связи для действия Эйнштейна – Гильберта.
3. Построить преобразование Иммирци. Показать, что это каноническое преобразование.

Билет 7

1. Пропагатор скалярной частицы в искривленном пространстве-времени как функциональный интеграл. Построить его квазиклассическое приближение.
2. Получить импульсное уравнение связи для действия Эйнштейна – Гильберта.
3. Показать, как меняется 3-метрика, сопряженные ей импульсы, спин-связность, символы Кристоффеля, закон Гаусса при преобразовании Иммирци.

Билет 8

1. Алгоритм Дирака. Показать, что скобки Пуассона уравнений связи не выводят из физического пространства.
2. Пропагатор скалярной частицы в пространстве-времени Шварцшильда. Положение полюсов и области аналитичности.
3. Построить переменные Аштекара.

Билет 9

1. Построить начальные условия для системы из двух черных дыр. Вычислить АДМ массу системы и каждой из дыр.
2. Редукционная формула Лемана – Симанчика – Циммермана. Связь амплитуд поглощения и излучения скалярного поля в метрике Шварцшильда. Температура Хокинга.
3. Сколько степеней свободы имеет ОТО в пустом пространстве? Найти это число в ковариантном формализме, гамильтоновом формализме и расширенном АДМ формализме.

Билет 10

1. Получить гамильтоновы уравнения для 3-метрики и сопряженных канонических импульсов.
2. Связь амплитуд поглощения и излучения скалярного поля в метриках Керра, Рейсснера – Нордстрема, де Ситтера. Температура Хокинга.
3. Уравнение Уиллера – деВитта. Проблемы квантования.

Форма экзаменационного билета представлена на рисунке

<i>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</i> <i>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение</i> <i>высшего образования</i> <i>«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»</i> <i>(Новосибирский государственный университет, НГУ)</i> <i>Физический факультет</i>	
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № _____	
1.	
2.	
3.	
Составитель _____	/Ф.И.О. преподавателя/
(подпись)	
« ____ » _____	20 г.

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.

**Лист актуализации фонда оценочных средств
по дисциплине «Дополнительные главы общей теории относительности»
по направлению подготовки 03.04.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного