

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



Согласовано, декан ФФ

Бондарь А.Е.

подпись

2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ
 «Физика высоких энергий»**

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 2-3, семестр 3-5

профиль

Физика высоких энергий

Форма обучения: очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в период сессии) (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	Зачет	Дифференцированный зачет	Кандидатский экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3-5	396	160	64		40	86	32	2	10		2
Всего 396 часов /11 зачетных единиц из них: - контактная работа 278 часов - в интерактивных формах 104 часа											
Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2											

Разработчик:

д.ф.-м.н. А.Д. Долгов

Заведующий кафедрой ФЭЧ ФФ

д.ф.-м.н. И.Б. Логашенко

Ответственный за образовательную программу:

д.ф.-м. н., проф. С.В. Цыбуля

Новосибирск, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация к рабочей программе модуля «Физика высоких энергий»	3
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ General Relativity-Общая теория относительности	5
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Introduction to cosmology-Введение в космологию	19
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Astrophysics (Астрофизика)	33
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Cosmology, advanced chapters-Космология, избранные главы	47
КАНДИДАТСКИЙ ЭКЗАМЕН Модуль «Физика высоких энергий».....	60

Аннотация
к рабочей программе модуля «Физика высоких энергий»
Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**
Направленность (профиль): **Физика высоких энергий**

Рабочая программа по модулю «Физика высоких энергий» составлена в соответствии с требованиями СУОС по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и предназначена для аспирантов, обучающихся по профилю «Физика высоких энергий». Модуль включает в себя рабочие программы дисциплин «General Relativity-Общая теория относительности», «Introduction to cosmology-Введение в космологию», «Astrophysics-Астрофизика» и «Cosmology, advanced chapters-Космология, избранные главы» направленные на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по профилю «Физика высоких энергий», а также порядок подготовки к сдаче и проведения кандидатского экзамена по профилю «Физика высоких энергий».

Основная цель входящих в состав модуля дисциплин – знакомство аспирантов с последними научными достижениями в области физики элементарных частиц и практика презентации собственных научных результатов перед квалифицированной аудиторией.

Модуль направлен на формирование у обучающегося универсальных компетенций УК-1 и УК-5, а также общепрофессиональной компетенции ОПК-1 и профессиональных компетенций ПК-1, ПК-2.

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.

Модуль «Физика высоких энергий» реализуется с третьего по пятый семестры включительно (второй-третий курс аспирантуры).

Преподавание дисциплин предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции и практические занятия с привлечением ведущих ученых, доклады обучающихся по тематике, связанной с выполнением их научной работы, самостоятельная подготовка обучающихся.

Текущий контроль успеваемости обеспечивается контролем посещения занятий, оценку их активности в ходе дискуссий и презентации аспирантом доклада по одному из разделов программы курса.

Промежуточная аттестация по дисциплинам – зачеты, по всему модулю – кандидатский экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы модуля составляет **396** академических часов / **11** зачетных единиц, в том числе:

1. General Relativity - Общая теория относительности - 144 часа/4 зачетных единицы
2. Introduction to cosmology - Введение в космологию - 144 часа/4 зачетных единицы
- 3.1 Astrophysics (Астрофизика) - 72 часа/2 зачетных единицы
- 3.2 Cosmology, advanced chapters - Космология, избранные главы - 72 часа/2 зачетных единицы
4. Кандидатский экзамен – 36 часов/1 зачетная единица.

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» **Ошибка! Закладка не определена.**
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы **Ошибка! Закладка не определена.**
 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы **Ошибка! Закладка не определена.**
 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 **Ошибка! Закладка не определена.**
 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.... **Ошибка! Закладка не определена.**
 5. Перечень учебной литературы **Ошибка! Закладка не определена.**
 6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся **Ошибка! Закладка не определена.**
 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины **Ошибка! Закладка не определена.**
 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине **Ошибка! Закладка не определена.**
 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине **Ошибка! Закладка не определена.**
 10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине..... **Ошибка! Закладка не определена.**

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.

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

Introduction to cosmology - Введение в космологию

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 2, семестр 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 «Introduction to cosmology-Введение в космологию»	21
Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	21
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	23
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	24
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.....	24
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	25
5. Перечень учебной литературы	27
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.....	28
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	28
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	29
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	29
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	29

Аннотация
к рабочей программе дисциплины
«Introduction to cosmology-Введение в космологию»
Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**
Направленность (профиль): **Физика высоких энергий**

Дисциплина «Introduction to cosmology-Введение в космологию» 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 «Introduction to cosmology-Введение в космологию» 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 «Introduction to cosmology-Введение в космологию» 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: расширяющаяся вселенная, метрика Робертсона-Уокера, закон Хаббла, уравнения Фридмана, Большой взрыв, космологическая инфляция.

Дисциплина имеет своими целями:

- систематизировать базовые знания аспирантов по основным разделам современной космологии,
- дать углубленное представление о разделах современной космологии, 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.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Introduction to cosmology-Введение в космологию» 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 «Introduction to cosmology-Введение в космологию» 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 «Introduction to cosmology-Введение в космологию» 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: расширяющаяся вселенная, метрика Робертсона-Уокера, закон Хаббла, уравнения Фридмана, Большой взрыв, космологическая инфляция.

Дисциплина имеет своими целями:

- систематизировать базовые знания аспирантов по основным разделам современной космологии,
- дать углубленное представление о разделах современной космологии, 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 Introduction to cosmology-Введение в космологию:

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, 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.	Введение в космологию.	1-2	4	4						
2.	Ньютоновский предел.	3-5	6	6						
3.	Основные уравнения космологии.	6-8	6	6						
4.	Тепловая история Вселенной	9-11	4	4						
5.	Темная материя, темная энергия	12-14	6	6						
6.	Кинетика и термодинамика в космологии, замерзание частиц	15-16	6	6						
7.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	38		16	8	14			
8.	Зачет	17	2							2
	Всего по семестру		72	32	16	8	14			2
4 семестр										
1.	Космический микроволновый фон.	1-2	4	4						
2.	Звездная эволюция	3-4	4	4						

	и происхождение элементов.								
3.	Красные гиганты, коричневые карлики, белые карлики и сверхновые.	5-6	4	4					
4.	Инфляция.	7-8	4	4					
5.	Основы релятивистской квантовой теории.	9-10	4	4					
6.	Фазовые переходы в ранней вселенной.	11-12	4	4					
7.	Бариогенез и лептогенез.	13-14	4	4					
8.	Понятие о квантовой гравитации.	15-16	4	4					
9.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	38		16	8	14		
10.	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. Введение в космологию.** Принцип эквивалентности. Локальная лоренцева система отсчёта.
- 2. Ньютоновский предел.** Гравитация как кривизна пространства-времени. Гравитационные волны.
- 3. Расширяющаяся вселенная.** Метрика Робертсона-Уокера. Закон Хаббла. Уравнения Фридмана.
- 4. Модель Вселенной.** Решение уравнений Фридмана. Космологические горизонты.
- 5. Темная материя.** Космологическая постоянная.
- 6. Большой взрыв.** Начальная сингулярность.

4 семестр

1. **Космический микроволновый фон.** Первичный нуклеосинтез.
2. **Звездная эволюция и происхождение элементов.** Эволюция начальных флуктуаций.
3. **Красные гиганты, коричневые карлики, белые карлики и сверхновые.**
4. **Инфляция.** Проблема плоскостности и проблема горизонта. Эпоха инфляции до Большого взрыва.
5. **Основы релятивистской квантовой теории.** Квантовые частицы и поля. Фейнмановские диаграммы. Бегущие константы взаимодействия.
6. **Фазовые переходы в ранней вселенной.** Переход от барионов к кварк-глюонной плазме. Электрослабый переход.
7. **Бариогенез и лептогенез.** Сахаровские условия. Великое Объединение.
8. **Понятие о квантовой гравитации.** Квантовые поля в искривленном пространстве Минковского.

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. S.Weinberg, Cosmology, Oxford University Press. 2008, ISBN 978-0-19-852682-7. [https://lost-contact.mit.edu/afs/adrake.org/usr/rkh/Books/books/Astronomy%20-%20Cosmology%20-%20\(Sтивен%20Weinberg\)%20Oxford%20University%20Press%202008.pdf](https://lost-contact.mit.edu/afs/adrake.org/usr/rkh/Books/books/Astronomy%20-%20Cosmology%20-%20(Sтивен%20Weinberg)%20Oxford%20University%20Press%202008.pdf)
2. Горбунов Д.С. Рубаков В.А. Введение в теорию ранней Вселенной: Космологические возмущения. Инфляционная теория, Издательство КРАСАНД, 2010.

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_2.djvu

5.2 Дополнительная литература

3. 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>

4. К.А. Бронников, С.Г. Рубин Лекции по гравитации и космологии. Учебное пособие. МИФИ, 2008 год. 460 стр. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/books/astro/bronnikov.pdf>

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.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Introduction to cosmology-Введение в космологию» проводится по итогам завершения программы дисциплины в виде зачета 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 *Introduction to cosmology-Введение в космологию*

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		
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.	Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
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.	Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
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.	Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
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.		занятиях Представление доклада Зачет
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.		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)	Продвинутой 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.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные

		Имеют место грубые ошибки.	задачи. Допущены негрубые ошибки.	негрубыми ошибками или с недочетами.	задания в полном объеме без 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

4. Перечень вопросов к зачету по дисциплине «Introduction to cosmology- Введение в космологию».

Введение в общую теорию относительности. Принцип эквивалентности. Локальная лоренцева система отсчёта. Ньютоновский предел. Гравитация как кривизна пространства Минковского. Гравитационные волны.
Расширяющаяся вселенная. Метрика Робертсона-Уокера. Закон Хаббла. Уравнения Фридмана. Кинетика и термодинамика в космологии, замерзание частиц
Модель Вселенной. Решение уравнений Фридмана. Горизонты. Темная материя. Темная энергия. Космологическая постоянная.
Большой взрыв. Начальная сингулярность. Космический микроволновый фон. Первичный нуклеосинтез. Нейтрино в космологии
Звездная эволюция и происхождение элементов. Эволюция начальных флуктуаций. Красные гиганты, коричневые карлики, белые карлики и сверхновые.
Инфляция. Проблема плоскостности и проблема горизонта. Эпоха инфляции до Большого взрыва.
Основы релятивистской квантовой теории. Квантовые частицы и поля. Фейнмановские диаграммы. Бегущие константы взаимодействия.
Фазовые переходы в ранней вселенной. Переход от барионов к кварк-глюонной плазме. Электрослабый переход. Бариогенезис и лептогенезис. Сахаровские условия. Великое Объединение.
Черная дыра. Гравитационный коллапс. Горизонт событий. Геометрия Шварцшильда.
Понятие о квантовой гравитации. Квантовые поля в искривленном пространстве Минковского. Термодинамика чёрной дыры. Струны. Струнный ландшафт, мультивселенная и антропный принцип.

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.

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

Astrophysics - Астрофизика

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 3, семестр 5

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



Two handwritten signatures in blue ink, one above the other, both underlined. The top signature appears to be 'А.Д. Долгов' and the bottom one 'И.Б. Логашенко'.

Новосибирск 2020

Содержание

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Astrophysics (Астрофизика)».....	35
1.Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	37
2.Место дисциплины в структуре образовательной программы	38
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	38
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	39
5. Перечень учебной литературы	40
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся	41
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	41
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	42
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	42
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	42

Аннотация
к рабочей программе дисциплины «**Astrophysics (Астрофизика)**»
Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**
Направленность (профиль): **Физика высоких энергий**

Дисциплина «Astrophysics (Астрофизика)» 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 «Astrophysics (Астрофизика)» 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. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по профилю подготовки «Физика высоких энергий».

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: ускорение частиц и нетепловое излучение в астрофизике, строение и эволюция звёзд, астрономия высоких энергий, нефотонная астрономия, космические частицы сверхвысоких энергий.

Дисциплина имеет своими целями:

- систематизировать базовые знания аспирантов по основным разделам современной астрофизики,
- дать углубленное представление о разделах современной астрофизики, 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:

Текущий контроль включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Astrophysics (Астрофизика)» 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, 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 – 2 зачетных единицы (72 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 «Astrophysics (Астрофизика)» 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 «Astrophysics (Астрофизика)» 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. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по профилю подготовки «Физика высоких энергий».

Перечень основных разделов дисциплины: ускорение частиц и нетепловое излучение в астрофизике, строение и эволюция звёзд, астрономия высоких энергий, нефотонная астрономия, космические частицы сверхвысоких энергий.

Дисциплина имеет своими целями:

- систематизировать базовые знания аспирантов по основным разделам современной астрофизики,
- дать углубленное представление о разделах современной астрофизики, 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: лекционные занятия, практические занятия, индивидуальная работа с преподавателем, самостоятельная работа обучающегося, зачет.

Общий объем дисциплины – 2 зачетных единицы (72 часа).

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины Astrophysics - Астрофизика:

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
4	72	32			8	30			2		

<p>Всего 72 часа /2 зачетных единицы из них: - контактная работа 42 часа - в интерактивных формах 8 часов</p>
<p>Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2</p>

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 в период сессии (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
5 семестр										
1.	Введение.	1	2	2						
2.	Ускорение частиц и нетепловое излучение в астрофизике.	2-3	4	2			2			
3.	Звёзды: строение и эволюция, ограничения на новую физику.	4-5	4	2			2			
4.	Астрономия высоких энергий.	6-7	4	2			2			
5.	Нефотонная астрономия.	8-9	4	2			2			
6.	Космические частицы сверхвысоких энергий.	10-11	4	2			2			
7.	Ограничения на новые частицы из эволюции Вселенной.	12-13	4	2			2			
8.	Астрофизические ограничения на другие модели новой физики.	14-16	4	2			2			
9.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	40	16		8	16			
10.	Зачет	17	2							2
11.	Всего по семестру		72	32		8	30			2

Программа курса по разделам и темам

План лекционных занятий

1. **Введение.** Базовые сведения из астрофизики: астрофизические объекты и их характеристики. Методы определения параметров источников.
2. **Ускорение частиц и нетепловое излучение в астрофизике.**
3. **Звёзды: строение и эволюция, ограничения на новую физику.**
4. **Астрономия высоких энергий.** Диффузное гамма-излучение. Точечные источники в МэВ-ГэВ диапазоне.
5. **Нефотонная астрономия.** Детектирование нейтрино. Космические лучи (протоны и ядра).
6. **Космические частицы сверхвысоких энергий.**
7. **Ограничения на новые частицы из эволюции Вселенной.**
8. **Астрофизические ограничения на другие модели новой физики.**

План практических занятий

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

В ходе реализации учебного процесса по дисциплине проводятся лекционные занятия. Темы, рассматриваемые на лекциях и изучаемые самостоятельно, закрепляются на практических занятиях, по вопросам, вызывающим затруднения, проводится индивидуальная работа обучающегося с преподавателем.

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.	8

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.	16
Подготовка доклада по одной тем лекций, вынесенных на самостоятельную подготовку	16

5. Перечень учебной литературы

5.1 Основная литература

1. В.С.Бескин, Бескин, Василий Семенович Гравитация и астрофизика : [учебное пособие для студентов младших курсов высших учебных заведений по специальностям "Астрономия", "Физика", для школьников старших классов] / В.С. Бескин Москва : Физматлит, 2009, 158 с. : ил. ; 22 см.(Астрономия и астрофизика) ISBN 978-5-9221-1054-9

Литература для самостоятельного изучения

1. B.W. Carroll, D.A. Ostlie. «An introduction to modern astrophysics» Pearson/Addison Wesley, 2007.
2. G.G. Raffelt. «Stars as laboratories for fundamental physics» Univ. of Chicago Press, 1996.
3. А.В. Засов, К.А. Постнов. «Общая астрофизика» Век-2, 2006.
4. C.D. Dermer, G. Menon «High energy radiation from black holes: gamma rays, cosmic rays, and neutrinos» Princeton University Press, 2009.
5. С.И. Блинников, «Основы релятивистской астрофизики» Москва, Юрайт 2020
6. F.A. Aharonian. «Very high energy cosmic gamma radiation» World Scientific, 2004.
7. M. Vietri. «Foundations of high-energy astrophysics» Univ. of Chicago Press, 2008.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

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).

7.2. 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.

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 включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Astrophysics (Астрофизика)» 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 Cosmology, advanced chapters-Космология, избранные главы

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		
УК-1.1	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности.	Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
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.	Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
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.	Работа на практических занятиях Представление доклада Зачет
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 Зачет
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.		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)	Продвинутой 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 значительно 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	Продемонстрированы частично основные умения.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все	Продемонстрированы все основные умения.

		стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Решены все основные задания в полном объеме без 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

Тематика докладов по дисциплине «Astrophysics (Астрофизика)» -
Определяется темой научных исследований аспиранта.

<p>Что и как изучает астрофизика частиц. Нейтрино от сверхновой 1987А, модели взрывов сверхновых типа II и ограничения на модели физики частиц. КК-гравитоны в моделях с большими дополнительными пространственными измерениями. Базовые сведения из астрофизики: астрофизические объекты и их характеристики - потоки излучения, расстояния, основные физические параметры. Методы определения параметров источников: что могут и чего не могут современные астрономические инструменты.</p>
<p>Ускорение частиц и нетепловое излучение в астрофизике. Излучение релятивистских частиц (синхротронное, изгибное, обратно-комptonовское). Электромагнитные каскады. Вселенная как калориметр. Взаимодействие фотонов с новыми частицами и (не)прозрачность Вселенной. Основные механизмы ускорения. Максимальная энергия и спектр ускоренных частиц.</p>
<p>Звёзды: строение и эволюция, ограничения на новую физику. Внутреннее строение Солнца и обычных звёзд. Общие ограничения на новую физику из факта существования звёзд. Горение звёзд и их эволюция. Ограничения на новые частицы из звёздной эволюции. Аксион-фотонное взаимодействие и звёзды горизонтальной последовательности. Вырожденные звёзды - белые карлики: их физическое описание, функция светимости, ограничения на новые частицы из скорости остывания. Аксион-электронное взаимодействие. Нейтронные звёзды, пульсары и магнетары. Стабильность нейтронных звёзд и безопасность Большого адронного коллайдера. Эффекты сверхсильного магнитного поля. Нестандартные взаимодействия нейтрино.</p>
<p>Астрономия высоких энергий. Диффузное гамма-излучение. FERMI bubbles. Поиск сигналов аннигиляции или распадов слабовзаимодействующих частиц тёмной материи в гамма-излучении. Точечные источники в МэВ-ГэВ диапазоне. Активные ядра</p>

<p>галактик: определение, классификация, структура и источники энергии, объединенная схема. Блазары и IR/TeV кризис. Смешивание фотонов с новыми частицами - осцилляции, поляризационные эффекты, длина свободного пробега.</p>
<p>Нефотонная астрономия. Нейтрино. Детектирование нейтрино. Солнечные нейтрино, гелиосейсмология и проблемы солнечных моделей. Концентрация частиц тёмной материи в центре Солнца. Астрофизические нейтрино высоких энергий. Космические лучи (протоны и ядра). Антивещество в космических лучах низкой энергии. Космические лучи высоких энергий (широкие атмосферные ливни).</p>
<p>Космические частицы сверхвысоких энергий. Экспериментальные результаты, проблемы и противоречия. Ускорение частиц до сверхвысоких энергий. Распространение частиц сверхвысоких энергий. Модели неускорительного происхождения наиболее энергичных частиц - сверхтяжелая тёмная материя, топологические дефекты.</p>
<p>Ограничения на новые частицы из эволюции Вселенной. Тёмная материя и перезакрытие Вселенной. Нуклеосинтез.</p>
<p>Астрофизические ограничения на другие модели новой физики. Изменение со временем констант взаимодействия. Электромагнитные взаимодействия нейтрино. Масса и заряд фотона.</p>

Примеры билетов:

Рождение частиц на стадии пост-инфляционного разогрева на примере модели с квадратичным потенциалом инфлатона.

Эффективные низкоэнергетические теории голдстоуновских бозонов. Киральная теория возмущений.

Осцилляции нейтрино в вакууме. Параметры нейтринных осцилляций.

Простейшие механизмы спонтанного нарушения суперсимметрии.

Функция распределения характеристик звезд. Основное уравнение звездной статистики межзвездного поглощения света

Кинематика межзвездной среды. Общие черты строения Галактики. Спиральная структура. Рас сеяные скопления. Звездные ассоциации. Шаровые скопления.

Звездная динамика. Уравнение Больцмана для звездных систем. Интегралы движения в сферических системах и в системах с осевой симметрией. Теорема вириала для звездных систем и следствия из нее. Нерегулярные силы в звездных системах. Время релаксации. Диссипация звездных систем.

Межзвездный газ. Плотность и пространственное распределение межзвездного газа. Области ионизированного водорода. Запрещенные линии. Метод Занстра.

Температуры и плотности областей НП и методы их определения. Области нейтрального водорода. Механизмы нагрева и охлаждения.

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.

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

Cosmology, advanced chapters - Космология, избранные главы

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Курс 3, семестр 5

профиль

Физика высоких энергий

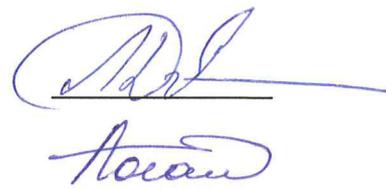
Форма обучения: **очная**

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 «Cosmology, advanced chapters-Космология, избранные главы»	49
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	51
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	52
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	52
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий	53
5. Перечень учебной литературы	54
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся	55
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	55
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	55
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	56
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине	56

Аннотация
к рабочей программе дисциплины
«Cosmology, advanced chapters-Космология, избранные главы»
Направление: **03.06.01 Физика и астрономия**
Направленность (профиль): **Физика высоких энергий**

»

Дисциплина «Cosmology, advanced chapters-Космология, избранные главы» 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 «Cosmology, advanced chapters-Космология, избранные главы» 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. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по профилю подготовки «Физика высоких энергий».

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: проблема тёмной материи, барионная асимметрия вселенной, рождение частиц на стадии постинфляционного разогрева, альтернативные механизмы.

Дисциплина имеет своими целями:

- систематизировать базовые знания аспирантов по основным разделам современной космологии,
- дать углубленное представление о разделах современной космологии, 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, 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 – 2 зачетных единицы (72 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 «Cosmology, advanced chapters-Космология, избранные главы» 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 «Cosmology, advanced chapters-Космология, избранные главы» 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. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по профилю подготовки «Физика высоких энергий».

Перечень основных разделов дисциплины: проблема тёмной материи, барионная асимметрия вселенной, рождение частиц на стадии постинфляционного разогрева, альтернативные механизмы.

Дисциплина имеет своими целями:

- систематизировать базовые знания аспирантов по основным разделам современной космологии,
- дать углубленное представление о разделах современной космологии, 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, 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 – 2 зачетных единицы (72 часа).

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины Cosmology, advanced chapters-Космология, избранные главы:

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
5	72	32			8	30			2		

Всего 72 часа /2 зачетных единицы из них: - контактная работа 42 часа - в интерактивных формах 8 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 в период сессии (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
5 семестр										
1.	Избранные результаты астрономических наблюдений	1-2	2	2						
2.	Проблема тёмной материи и темной энергии	3-4	4	2			2			
3.	Барионная асимметрия Вселенной.	5-7	4	2			2			
4.	Механизмы инфляции, генерация возмущений плотности и гравитационных волн. Разогрев Вселенной.	8-10	4	2			2			
5.	Альтернативные механизмы.	11-13	4	2			2			
6.	Альтернативные механизмы.	14-16	4	2			2			
7.	Научные доклады обучающихся по тематикам их научных исследований	1-16	48	20		8	20			
	Зачет	17	2							2
	Всего по семестру		72	32		8	30			2

Программа курса по разделам и темам

План лекционных занятий

1. **Избранные экспериментальные результаты**
2. **Проблема тёмной материи.** Слабо взаимодействующие массивные частицы (WIMP) как кандидаты на роль холодной тёмной материи. Тёплая тёмная материя из стерильных нейтрино.
3. **Барионная асимметрия Вселенной.** Электрослабый бариогенезис в модели с несколькими полями Хиггса. Лептогенезис. Бариогенезис Аффлекса-Дайна.
4. **Рождение частиц на стадии постинфляционного разогрева.** Пертурбативный распад инфлатона в частицы Стандартной Модели. Широкий и узкий параметрические резонансы на стадии разогрева. Термолизация.
5. **Альтернативные механизмы.** Модифицированная ньютоновская динамика как альтернатива тёмной материи. Формирование гало из аксионов.
6. **Альтернативные механизмы.** Космология моделей зеркального мира. Механизмы производства стерильных нейтрино в первичной плазме.

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.	8

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.	10
Подготовка доклада по одной тем лекций, вынесенных на самостоятельную подготовку	20

5. Перечень учебной литературы

5.1 Основная литература

1. Д.С. Горбунов, В.А. Рубаков, «Введение в теорию ранней Вселенной. Теория горячего Большого взрыва», М.: УРСС, 2008.
2. Д.С. Горбунов, В.А. Рубаков, «Введение в теорию ранней Вселенной. Космологические возмущения. Инфляционная теория.», М.: УРСС, 2010.
3. E.W. Kolb, M.S. Turner, "The Early Universe." Addison--Wesley, 1990.

5.2 Дополнительная литература

1. .С.Бескин, Гравитация и астрофизика, М.:ФИЗМАТЛИТ, 2009
2. V. Mukhanov, "Physical Foundations of Cosmology." Cambridge University Press, 2005.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

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).

7.2. 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 включает контроль посещаемости обучающимися еженедельных занятий, оценку их активности в ходе дискуссий и заключается в презентации аспирантом доклада по одному из разделов программы курса.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Cosmology, advanced chapters-Космология, избранные главы» 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 Cosmology, advanced chapters-Космология, избранные главы

Таблица 10.1

Код компетенции	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
УК-1.	Способность к критическому анализу и оценке	Работа на

современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях		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 Зачет
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.		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 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)	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

Избранные результаты астрономических наблюдений.
Проблема тёмной материи. Кандидаты на роль холодной тёмной материи: элементарные частицы (массивные слабо взаимодействующие частицы, аксионы, стерильные нейтрино, зеркальная материя); макроскопические объекты (солиотны, первичные черные дыры).
Барионная асимметрия Вселенной. Модели бариогенезиса: электрослабый бариогенезис, бариогенезис посредством летогенезиса, бариогенезис Аффлека-Дайна, спонтанный и гравитационный бариогенезис.
Постинфляционный разогрев Вселенной. Генерация возмущений плотности и гравитационных волн. Термализация.
Темная энергия. Возможные механизмы ускоренного космологического расширения.
Нейтрино в космологии. Ограничения на массу. Влияние на первичный нуклеосинтез.
Осцилляции нейтрино в первичной плазме, рождение стерильных нейтрино.

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.

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

КАНДИДАТСКИЙ ЭКЗАМЕН

Модуль

«Физика высоких энергий»

направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

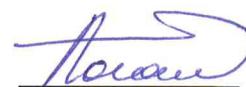
Курс 3, семестр 5

профиль

Физика высоких энергий

Форма обучения: **очная**

Заведующий кафедрой ФЭЧ ФФ
д.ф.-м.н. И.Б. Логашенко



Новосибирск 2020

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по модулю, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	62
2. Место модуля в структуре образовательной программы	63
3. Трудоемкость модуля в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося	63
4. Содержание модуля, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	64
5. Перечень учебной литературы	64
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся	65
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения модуля	65
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по модулю	65
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	66
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	66

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

В рамках промежуточной аттестации (сдачи кандидатского экзамена) по модулю «Физика высоких энергий» проводится оценка универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций (портфолио), полученных в рамках прохождения дисциплин «General Relativity-Общая теория относительности», «Introduction to cosmology - Введение в космологию», «Astrophysics - Астрофизика» и «Cosmology, advanced chapters-Космология, избранные главы», направленные на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по профилю «Физика высоких энергий», а также порядок подготовки к сдаче и проведения кандидатского экзамена по профилю «Физика высоких энергий». В состав портфолио входят перечень типовых задач для самостоятельного решения, перечень и презентации докладов, подготовленных обучающимся самостоятельно в рамках освоения дисциплин модуля.

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 модуля в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), изучение которых необходимо для освоения модуля Физика высоких энергий:

1. General Relativity-Общая теория относительности - 144 часа/4 зачетных единицы
2. Introduction to cosmology-Введение в космологию - 144 часа/4 зачетных единицы
- 3.1 Astrophysics (Астрофизика) - 72 часа/2 зачетных единицы
- 3.2 Cosmology, advanced chapters-Космология, избранные главы - 72 часа/2 зачетных единицы

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение модуля Физика высоких энергий:

Подготовка научно-квалификационной работы (диссертации);

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена;

Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации).

1. Трудоемкость модуля 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
3-5	396	160	64		40	86	32	2	12		2
Всего 396 часов /11 зачетных единиц из них: - контактная работа 278 часов - в интерактивных формах 104 часа											
Компетенции: УК-1, УК-5, ОПК-1, ПК-1, ПК-2											

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

№ п/п	Раздел модуля	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Консультации в период промежуточной аттестации (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
1.	Б.1.В. ОД.									
1.1.	General Relativity - Общая теория относительности	3-4	144	64	32	16	28			4
1.2	Introduction to cosmology - Введение в космологию	3-4	144	64	32	16	28			4
2	Б.1.В. ВД.									
2.1.	Astrophysics (Астрофизика)	5	72	32		8	30			2
2.2.	Cosmology, advanced chapters- Космология, избранные главы	5	72	32		8	30			2
3.	Кандидатский экзамен	5	36					32	2	2
Всего			396	160	64	40	86	32	2	12
Общий объем контактной работы составляет 278 часов, в интерактивных формах – 104 часа										

Самостоятельная работа обучающихся

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к кандидатскому экзамену по специальности	32

5. Перечень учебной литературы

5.1 Основная литература

1. А.Лайтман, В.Пресс, Р.Прайс, С.Тюкольски, Сборник задач по теории относительности и гравитации / А. Лайтман, В. Пресс, Р. Прайс, С. Тюкольски ; пер. с англ. А.П. Бондарева и Ю.А. Данилова ; под ред. И.М. Халатникова Москва : Мир, 1979, 536 с.
2. Д.С.Горбунов, В.А.Рубаков, Введение в теорию ранней Вселенной: Теория горячего Большого взрыва, Издательство ЛКИ, 2008
3. Д.С.Горбунов, В.А.Рубаков, Введение в теорию ранней Вселенной: Космологические возмущения. Инфляционная теория, Издательство КРАСАНД, 2010
4. М. Пескин, Д. Шредер, Введение в квантовую теорию поля : [учебник для студентов физико-математических специальностей] / М. Пескин, Д. Шредер ; пер. с англ. под ред. А.А. Белавина, А.В. Беркова Москва; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2001, 783 с.: ил. ; 24 см. ISBN 5-93972-083-8

5. Н.Н. Боголюбов, Д.В. Ширков, Квантовые поля: [Учеб. пособие для физ. спец. вузов] / Н.Н. Боголюбов, Д.В. Ширков 2-е изд., испр. и доп.М.: Наука, 1993333 с. : ил. ; 22 см.ISBN 5-02-014364-2

5.2 Дополнительная литература

6. В.С.Бескин, Гравитация и астрофизика: [учебное пособие для студентов младших курсов высших учебных заведений по специальностям "Астрономия", "Физика", для школьников старших классов] / В.С. Бескин Москва : Физматлит, 2009158 с. : ил. ; 22 см.(Астрономия и астрофизика) ISBN 978-5-9221-1054-9
7. Окунь Л.Б., Лептоны и кварки / Л.Б. Окунь2-е изд., перераб.и допМ. : Наука, 1990345 с. : ил.ISBN 5-020140279

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

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 модуля

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).

7.2. Информационные справочные системы

Не используется

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

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

1. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля 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 модулю 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 модулю

Текущий контроль успеваемости:

Текущий контроль успеваемости по модулю «Физика высоких энергий» представляет собой контроль результатов освоения дисциплин, входящих в состав модуля: «General Relativity-Общая теория относительности», «Introduction to cosmology-Введение в космологию», «Astrophysics-Астрофизика» и «Cosmology, advanced chapters-Космология, избранные главы» и осуществляется в форме презентации аспирантом доклада по одному из разделов программы дисциплины.

Промежуточная аттестация:

Промежуточная аттестация проводится в форме кандидатского экзамена. Кандидатский экзамен проводится по программе, соответствующей примерной программе, утвержденной Министерством образования и науки Российской Федерации.

Для приема кандидатского экзамена создается комиссия по приему кандидатских экзаменов (экзаменационная комиссия), состав которой утверждается приказом ректора НГУ. Состав экзаменационной комиссии формируется из числа научно-педагогических работников (в том числе работающих по совместительству) НГУ в количестве не более 5 человек, и включает в себя председателя, заместителя председателя и членов

экзаменационной комиссии.

В состав экзаменационной комиссии могут включаться научно-педагогические работники других организаций.

Для оценивания знаний обучающегося в рамках проведения кандидатского экзамена используются следующие оценочные средства:

1. Портфолио - целевая подборка работ студентов, раскрывающая его индивидуальные образовательные достижения в одной или нескольких учебных дисциплинах;
2. Экзаменационный билет - комплекс вопросов и задач.

Кандидатский экзамен проводится экзаменационной комиссией по билетам (программам), утверждаемым деканом физического факультета НГУ. Для подготовки экзаменуемый использует листы ответа, которые хранятся в деле обучающегося вместе с протоколом экзамена.

В случае неявки экзаменуемого на кандидатский экзамен по уважительной причине (при наличии подтверждающих документов) он может быть допущен приказом ректора к сдаче кандидатского экзамена в течение текущего периода приема экзаменов.

В случае получения неудовлетворительной оценки пересдача кандидатского экзамена в течение текущего периода приема экзаменов не допускается. Пересдача кандидатского экзамена с положительной оценки на другую положительную оценку не допускается. Оценка уровня знаний экзаменуемого определяется экзаменационными комиссиями по пятибалльной шкале.

Оценка выставляется простым большинством голосов членов экзаменационной комиссии. При равенстве голосов решающей считается оценка председателя.

Экзаменуемым может быть в двухдневный срок подана апелляция ректору о несогласии с решением экзаменационной комиссии.

Экзаменационная комиссия по приему кандидатского экзамена по специальной дисциплине правомочна принимать кандидатский экзамен по специальной дисциплине, если в ее заседании участвуют не менее 3 специалистов, имеющих ученую степень кандидата или доктора наук по научной специальности, соответствующей специальной дисциплине, в том числе не менее одного доктора наук.

Решение экзаменационной комиссии оформляется протоколом, в котором указываются, в том числе, код и наименование направления подготовки, по которой сдавались кандидатские экзамены; шифр и наименование научной специальности, наименование отрасли науки, по которой подготавливается научно-квалификационная работа (диссертация).

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по модулю Физика высоких энергий

Таблица 10.2 Критерии оценки сформированности компетенций¹ в рамках промежуточной аттестации по модулю

Шифр компетенций	Структурные элементы оценочных средств	Показатель сформированности	Не сформирован (неудовлетворительно)	Пороговый уровень (удовлетворительно)	Базовый уровень (хорошо)	Продвинутый уровень (отлично)
УК - 1	Портфолио (презентация), устное сообщение	Знать актуальные исследования и критически анализировать результаты предшественников и современные достижения в области физики в применении к профессиональной области деятельности. (УК-1.1) 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-1.2)	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки. Отсутствуют умения при решении поставленных задач.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок. Наличие минимального уровня умений при решении поставленных задач.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок либо не полностью отвечает на дополнительные вопросы. Демонстрирует умения при решении поставленных задач.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы. Демонстрирует умения при решении поставленных задач на высоком уровне.
УК -5	Портфолио (презентация), устное сообщение	Знать возможные направления профессиональной самореализации, владеть приемами планирования и	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам

¹ Выбор показателя сформированности компетенции (укрупненной характеристики компетенции) из представленных для оценки осуществляется случайным образом

ОПК - 1	<p>Портфолио (презентация), устное сообщение</p>	<p>Знать современные научные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии в применении к профессиональной области деятельности. (ОПК-1.1). Уметь определять и применять современные научные методы исследования и</p>	<p>Отсутствуют умения при выявлении и формулировке проблемы собственного профессионального развития. Отсутствуют навыки владения приемами выполнения научных исследований на современном мировом уровне.</p>	<p>количество неглубоких ошибок. Наличие минимального уровня умений при выявлении и формулировке проблемы собственного профессионального развития. Наличие минимального уровня владения приемами выполнения научных исследований на современном мировом уровне</p>	<p>дисциплины. Допускается несколько неглубоких/несущественных ошибок либо не полностью отвечает на дополнительные вопросы. Демонстрирует умения при выявлении и формулировке проблемы собственного профессионального развития. Демонстрирует навыки владения приемами выполнения научных исследований на современном мировом уровне</p>	<p>разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы. На высоком уровне демонстрирует умения при выявлении и формулировке проблемы собственного профессионального развития. На высоком уровне демонстрирует навыки владения приемами выполнения научных исследований на современном мировом уровне</p>
		<p>Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки. Отсутствуют умения при определении применения современных научных методов</p>	<p>Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество неглубоких ошибок. Наличие минимального уровня умений</p>	<p>Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько неглубоких/несущественных ошибок либо не отвечает на</p>	<p>Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные</p>	

		<p>информационно-коммуникационные технологии в зависимости от специфики объекта исследования (ОПК-1.2). Владеть способностью составлять и представлять научные обзоры, доклады (ОПК-1.3).</p>	<p>исследования и информационно-коммуникационные технологий. Доклад не последователен, не ясна суть работы</p>	<p>при определении применения современных научных методов исследования и информационно-коммуникационные технологий. Доклад не в полной мере отражает суть работы, нарушена последовательность</p>	<p>дополнительные вопросы. Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок. Демонстрирует умения при определении применения современных научных методов исследования и информационно-коммуникационные технологий. Доклад отражает суть работы, но нарушена последовательность</p>	<p>вопросы. На высоком уровне демонстрирует умения при определении применения современных научных методов исследования и информационно-коммуникационные технологий. Доклад отражает суть работы, последователен.</p>
ПК-1	<p>Вопрос экзаменационного билета</p>	<p>Знать теоретические основы, базовые понятия и модели построения теоретических моделей физических явлений и процессов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования (ПК-1.1) Уметь ставить задачи научно-исследовательской деятельности на основе сопоставительного анализа современных достижений в зависимости от специфики профиля подготовки и</p>	<p>Не демонстрирует либо демонстрирует отдельные несвязанные знания и умения в профессиональной области деятельности</p>	<p>Демонстрирует общие знания и умения базовых понятий в профессиональной области деятельности</p>	<p>Демонстрирует хорошие знания и умения базовых понятий в профессиональной области деятельности, но допускает некоторые несущественные ошибки, неточности в формулировках</p>	<p>Демонстрирует углубленные знания и умения базовых понятий и моделей в профессиональной области деятельности</p>

ПК-2	Вопрос экзаменационного билета	<p>объекта исследования. (ПК-1.2).</p> <p>Знать физические основы базовых экспериментов в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования. (ПК-2.1)</p> <p>Уметь определять и применять современные научные методы в зависимости от специфики профиля подготовки и объекта исследования. (ПК-2.2)</p>	<p>Не владеет основными физическими понятиями и законами в профессиональной области деятельности</p>	<p>Владеет базовыми понятиями в профессиональной области деятельности</p>	<p>Владеет всеми понятиями, в профессиональной области деятельности, и понимает их взаимосвязь, но допускает некоторые несущественные ошибки, неточности в формулировках</p>	<p>Свободно владеет всеми понятиями, в профессиональной области деятельности, понимает их взаимосвязь и границы применимости</p>
------	--------------------------------	--	--	---	--	--

Критерии выставления оценок по результатам промежуточной аттестации по модулю

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается комиссией. Каждая решённая задача и каждый вопрос категории оценивается от 2 до 5 баллов. Соответствие уровня сформированности компетенции и оценки определяются следующим образом: не сформирована - 2 балла («неудовлетворительно»), пороговый уровень - 3 балла («удовлетворительно»), базовый уровень - 4 балла («хорошо») и продвинутый уровень - 5 баллов («отлично»).

Положительная оценка (3 балла и выше) ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Для получения положительной оценки необходимо продемонстрировать пороговый уровень при решении не менее двух задач из разных категорий. Если решено более двух задач из разных категорий, при дальнейшем расчете итоговой оценки учитывают два лучших результата решения задач из разных категорий.

Итоговая оценка за кандидатский экзамен выставляется комиссией как среднее арифметическое баллов, полученных за решение задач и за ответы на вопросы с округлением по математическим правилам. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Оценка	Критерии выставления оценки (содержательная характеристика)
«неудовлетворительно» (уровень компетенций не сформирован)	Аспирант не владеет теоретическим материалом, допуская грубые ошибки, испытывает затруднения в формулировке основных понятий в профессиональной области, не демонстрирует либо демонстрирует отдельные несвязанные знания
«удовлетворительно» (сформирован пороговый уровень компетенций)	Аспирант демонстрирует общие знания базовых понятий и моделей в профессиональной области, критичных для понимания основных явлений и экспериментов, но допускает существенные ошибки по содержанию рассматриваемых (обсуждаемых) вопросов
«хорошо» (сформирован базовый уровень компетенций)	Аспирант в основном демонстрирует углубленные знания базовых понятий, моделей, теорий, свободно владеет всеми основными разделами современной физики в профессиональной области, но допускает незначительные ошибки при ответах на дополнительные вопросы
«отлично» (сформирован продвинутый уровень компетенций)	Аспирант демонстрирует углубленные знания базовых понятий, моделей, теорий, свободно владеет всеми основными разделами современной физики в профессиональной области.

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

1. Форма экзаменационного билета и перечень экзаменационных задач и вопросов.

Форма экзаменационного билета представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1.

<p>Новосибирский государственный университет</p> <p>Кандидатский экзамен</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">наименование модуля</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">наименование образовательной программы</p> <p>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №</p> <p>1. Вопрос из категории 1. 2. Вопрос из категории 2. 3. Вопрос из категории 3.</p> <p>Составитель: _____ И. О. Фамилия (подпись)</p> <p>Ответственный за образовательную программу: _____ И. О. Фамилия (подпись)</p> <p>« ____ » _____ 20 г.</p>

Примерный перечень вопросов экзамена, структурированный по категориям, представлен в таблице 1.2

Таблица 1.2

Категория	Формулировка вопроса
Категория 1	Понятие об элементарных частицах (лептоны, кварки и калибровочные бозоны) и их взаимодействиях (электромагнитном, слабом и сильном). Основные характеристики процесса $\gamma\gamma \rightarrow e^+e^-$ при высоких энергиях.
	Квантование электромагнитного поля (электромагнитное поле как набор осцилляторов; энергия и импульс поля; операторы рождения и уничтожения квантов поля; оператор числа квантов поля). Реакция $e\mu \rightarrow e\mu$ и перекрёстная симметрия.
	Лагранжев подход в теории поля. Симметрия и законы сохранения (однородность пространства-времени и сохранение импульса-энергии). Эффект Комптона.
	Лагранжев подход в теории поля. Симметрия и законы сохранения (калибровочные преобразования первого рода и сохранение заряда). Основные характеристики процесса $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ при высоких энергиях.

	<p>Действительное скалярное поле (уравнения движения; разложение по плоским волнам; квантование). Электронный пропагатор.</p>
	<p>Комплексное скалярное поле. Частицы и античастицы. S, P, T – преобразования. Расчет сечения процесса $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$.</p>
	<p>Спинорное поле Дирака (4-спиноры; уравнение Дирака; плоские волны). Процессы $e^+e^- \rightarrow hadrons$ при высоких энергиях.</p>
	<p>Спинорное поле Дирака (гамильтонова форма уравнения Дирака; спиральность; квантование поля Дирака). Диаграммы Фейнмана и закон Кулона.</p>
	<p>Амплитуды и вероятности переходов. Вероятность распада в единицу времени. Второй порядок теории возмущений в КЭД. Рассеяние электронов.</p>
	<p>Сечение рассеяния. Переменные Манделштама. Фотонный пропагатор.</p>
	<p>Представление взаимодействия. Пропагатор скалярной частицы.</p>
	<p>Инвариантная теория возмущений. Первый порядок теории возмущений. Диаграммы Фейнмана.</p>
Категория 2	<p>Краткая история ОТО. Сходство с электродинамикой и отличие от нее. Универсальность гравитационного взаимодействия и геометризация.</p>
	<p>Уравнения движения. Геодезические. Ньютоновское приближение. Основы римановой геометрии. Параллельный перенос, символы Кристоффеля, ковариантное дифференцирование. Тензор Римана, его свойства, тождества Бьянки.</p>
	<p>Относительное ускорение двух тел. Уравнения Эйнштейна. Линейное приближение, закон Ньютона.</p>
	<p>Неизбежность нелинейности. Снова уравнения движения. Неизбежность тензорной теории. Линейные эффекты. Красное смещение, отклонение света Солнцем.</p>
	<p>Вариационный принцип. Тензор энергии-импульса. Решение Шварцшильда. Решение Нордстрема.</p>
	<p>Вращение перигелия Меркурия. Задержка луча света.</p>
	<p>Квазимагнитные эффекты. Прецессия гироскопа на орбите, спин-орбитальное и спин-спиновое взаимодействия. Сдвиг фазы света. Гравитационные волны. Псевдотензор энергии-импульса гравитационного поля. Квадрупольное излучение.</p>
	<p>Излучение релятивистских частиц. Электромагнитное излучение. Резонансное взаимодействие электромагнитной и гравитационной волн во внешнем поле. Гравитационное излучение. Горизонт поля Шварцшильда.</p>
	<p>Метрика Керра. Эргосфера. Судьба массивной звезды. Коллапс.</p>
	<p>Черные дыры, их свойства. Космологические решения. Возраст Вселенной. Реликтовое излучение. Инфляционная модель.</p>
Категория 3	<p>Введение в общую теорию относительности. Принцип эквивалентности. Локальная лоренцева система отсчёта. Ньютоновский предел. Гравитация как кривизна пространства Минковского. Гравитационные волны.</p>
	<p>Расширяющаяся вселенная. Метрика Робертсона-Уокера. Закон Хаббла.</p>

Уравнения Фридмана.
Модель Вселенной. Решение уравнений Фридмана. Горизонты. Темная материя. Космологическая постоянная.
Большой взрыв. Начальная сингулярность. Космический микроволновый фон. Первичный нуклеосинтез.
Звездная эволюция и происхождение элементов. Эволюция начальных флуктуаций. Красные гиганты, коричневые карлики, белые карлики и сверхновые.
Инфляция. Проблема плоскостности и проблема горизонта. Эпоха инфляции до Большого взрыва.
Основы релятивистской квантовой теории. Квантовые частицы и поля. Фейнмановские диаграммы. Бегущие константы взаимодействия.
Фазовые переходы в ранней вселенной. Переход от барионов к кварк-глюонной плазме. Электрослабый переход. Бариогенез и лептогенез. Сахаровские условия. Великое Объединение.
Черная дыра. Гравитационный коллапс. Горизонт событий. Геометрия Шварцшильда.
Понятие о квантовой гравитации. Квантовые поля в искривленном пространстве Минковского. Термодинамика чёрной дыры. Струны. Струнный ландшафт, мультивселенная и антропный принцип.

Набор экзаменационных билетов формируется и утверждается в установленном порядке в начале учебного года при наличии контингента обучающихся, осваивающих модуль «Физика высоких энергий» в текущем учебном году.

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

