

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



А.Л. Голстик

(подпись)

16.12.2016

(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 3425 /уч.

КОСМОЛОГИЯ И АСТРОФИЗИКА

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1-31 04 01 Физика (по направлениям),
направлению специальности
1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность)

Минск 2016 г.

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 01-2013, утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08. 2013 № 88; учебных планов №G31-163/уч., №G31и-174/уч., утвержденных 30.05.2013.

СОСТАВИТЕЛИ:

А.В. Минкевич - профессор кафедры теоретической физики и астрофизики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор;

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой теоретической физики и астрофизики Белорусского государственного университета (протокол № 10 от 23.05.2016 г.);

Советом физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 10 от 09.06.2016);

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Космология и астрофизика представляют собой важнейшие разделы современной физики, развитие которых в течение последних десятилетий связано с крупными достижениями. Целью преподавания данного спецкурса является изложение основ стандартной космологии, избранных разделов астрофизики, важнейших теоретических и наблюдательных достижений в данной области, а также нерешенных принципиальных проблем. Курс включает также изложение изотропной космологии, построенной на основе калибровочной теории тяготения в пространстве-времени Римана-Картана, являющейся необходимым обобщением метрической теории тяготения и открывающей возможности для решения принципиальных проблем космологии и астрофизики.

В лекционном курсе используется ряд сведений из спецкурсов по общей теории относительности, классической теории поля, а также спецкурса по тензорному и спинорному анализу.

Задачи учебной дисциплины «Космология и астрофизика»: ознакомление студентов с основами современной космологии и с избранными разделами астрофизики, приобретение навыков критического изучения литературы, а также умение самостоятельно ставить и решать задачи в данной области физики.

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

- Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- Владеть системным и сравнительным анализом.
- Владеть исследовательскими навыками.
- Уметь работать самостоятельно.
- Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- Владеть навыками устной и письменной коммуникации.
- Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.
- Быть способным к социальному взаимодействию.
- Владеть способностью к межличностным коммуникациям.
- Быть способным к критике и самокритике.
- Уметь работать в команде.
- Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики, современных технологий и материалов, методы исследования физических объектов, методы измерения физических величин, методы автоматизации эксперимента.
- Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические осно-

вы современных технологических процессов, научное оборудование и аппаратуру.

– Проводить планирование и реализацию физического эксперимента, оценивать функциональные возможности сложного физического оборудования.

– Пользоваться глобальными информационными ресурсами, компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой.

– Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

– Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-исследовательской, научно-производственной и научно-педагогической работы.

Применять знания физических основ современных технологий, средств автоматизации, методов планирования и организации производства, правового обеспечения хозяйственной деятельности и налоговой системы, современного предпринимательства, государственного регулирования экономики и экономической политики.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины – 84; из них количество аудиторных часов — 28.

Форма получения высшего образования — очная, дневная,

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций и контролируемой/управляемой самостоятельной работы. На проведение лекционных занятий отводится 24 часа, на управляемую самостоятельную работу — 4 часа.

Занятия проводятся на 4-м курсе в 8-м семестре.

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине — экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Космологический принцип и однородные изотропные модели (ОИМ) Фридмана. Качественный анализ космологических ОИМ. Расширение Вселенной и красное смещение. Сценарий горячего Большого Взрыва, реликтовое излучение.

2. Гравитационная неустойчивость и образование крупномасштабной структуры Вселенной. Инфляционная космология.

3. Ускоренное космологическое расширение в современную эпоху и стандартная Λ CDM-модель. Проблемы современной космологии – проблема космологической сингулярности, проблема темной энергии и темной материи.

4. Калибровочный подход в теории гравитационного взаимодействия и калибровочная теория тяготения в пространстве-времени Римана-Картана (КТТРК).
5. Изотропная космология в КТТРК, регулярные ускоренно расширяющиеся модели Вселенной в пространстве-времени Римана-Картана.
6. Астрофизика звезд, проблема коллапса массивных объектов.
7. Астрофизика галактик и скоплений галактик
8. Наблюдательные достижения в космологии и астрофизике.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные	Иное			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	Однородное изотропное пространство и фридмановские космологические модели в общей теории относительности. Теория горячего Большого взрыв	4					[1], [2], [3],[5]		
2	Гравитационная неустойчивость и образование крупномасштабной структуры Вселенной. Инфляционная космология.	2					[1], [3], [4], [7], [8]		
3	Ускоренное космологическое расширение в современную эпоху и стандартная Λ CDM-модель. Проблемы современной космологии – проблема космологической сингулярности, проблема темной энергии и темной материи.	4					[1], [2], [3], [5], [9]		
4	Текущий контроль успеваемости студентов по разделам №1-№3					1		Коллоквиум	
5	Поле тяготения и группа трансляций. Группа Лоренца и калибровочная теория тяготения в пространстве-времени Римана-Картана (КТТРК).	4					[1], [6], [9]		
6	КТТРК и несингулярная космология	4					[6], [9]		
7	Текущий контроль успеваемости студентов по разделу №5-№6					1		Контрольная	
8	Астрофизика звезд, проблема коллапса массивных объектов. Астрофизика галактик и скоплений галактик	4					[3], [4], [5]		
9	Наблюдательные достижения в космологии и астрофизике.	2					[1], [3], [5], [8]		
10	Текущий контроль успеваемости студентов по разделу №8-№9					2		Защита рефератов	
	Итого	24				4			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Вайнберг Стивен. Космология / С. Вайнберг – М. УРСС, 2013, 608 с.
2. Горбунов Д.С. Введение в теорию ранней Вселенной: Теория горячего Большого взрыва / Д.С. Горбунов, В.А.Рубаков – М., 2006, 465 с.
3. Лукаш В.Н. Физическая космология / В.Н. Лукаш, Е.В. Михеева -- М. ФизМатЛит, 2010.
4. Засов А.В. Курс общей астрофизики / А.В. Засов, К.А. Постнов -- 2-е изд. Фрязино, 2011.
5. Насельский П.Д. Реликтовое излучение Вселенной / П.Д. Насельский, Д.И. Новиков, И.Д. Новиков -- М. Наука, 2003.
6. Ponomarev V.N. Gauge Approach and Quantization Methods in Gravity Theory / V.N. Ponomarev, A.O. Barvinsky, Yu.N. Obukhov – М. Nauka, 2017, 345 p.

Перечень дополнительной литературы

7. Mukhanov V. Physical Foundations of Cosmology / V. Mukhanov – New York: Cambridge University Press, 2005. – 442 p.
8. Горбунов Д.С. Введение в теорию ранней Вселенной: Космологические возмущения. Инфляционная теория / Д.С. Горбунов, В.А.Рубаков – М. КРАСАНД – 2010 -- 568 с.
9. Минкевич А. В., Калибровочный подход в теории тяготения, гравитационное взаимодействие и релятивистская космология / А.В. Минкевич -- Международная школа по гравитации и космологии 30.06-5.07 2014, КФУ, Казань, Россия, Труды школы, Казанский университет-2014, с. 25-46 (<http://www.rusgrav15.kpfu.ru>).

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

1. Контрольные работы
2. Коллоквиум
3. Реферативные работы

Мероприятия для контроля управляемой самостоятельной работой

Для контроля УСР используются коллоквиумы, контрольные работы, которые проводятся в письменной форме, и реферативные работы. Каждая из письменных работ включает в себя 2–3 задания.

Темы контрольных работ

Тема контрольной работы № 1: Космологические уравнения Фридмана и их следствия

Примерный перечень вопросов:

- 1 Основные космологические параметры стандартной космологической Λ CDM-модели.
- 2 Космологическое красное смещение.
- 3 Реликтовое излучение и его свойства.

Тема контрольной работы №2: КТТРК и изотропная космология.

Примерный перечень вопросов:

1. Обобщенные космологические уравнения Фридмана для моделей с двумя функциями кручения в КТТРК.
- 2 Предельная плотность энергии и проблема космологической сингулярности.
3. Структура пространства-времени в вакууме и проблема темной энергии.

Перечень коллоквиумов

Тема коллоквиума №1: Теория ранней Вселенной и инфляционная космология.

Примерный перечень вопросов:

- 1 Пространство-время де-Ситтера.
- 2 Инфляционные космологические модели.
- 3 Инфляционная космологическая модель медленного скатывания.

Тема коллоквиума №2: Первичный нуклеосинтез и реликтовое излучение.

Примерный перечень вопросов:

- 1 Вселенная на начальном этапе космологического расширения и первичный нуклеосинтез.
- 2 Флуктуации реликтового излучения, теория и наблюдательные данные.

Тема коллоквиума №3: Пространственно однородные изотропные модели (ОИМ) в 4-мерном пространстве-времени Римана-Картана.

Примерный перечень заданий:

- 1) Векторы Киллинга и структура метрического тензора и тензора кручения,
- 2) Гравитационные уравнения для ОИМ, соответствующие выбору гравитационного лагранжиана в общем виде, содержащем помимо скалярной кривизны всевозможные квадратичные по кривизне и кручению инварианты,
- 3) Геометрическая структура пространства-времени в вакууме в КТТРК.

Темы рефератов

1. Астрофизика звездных объектов.
2. Астрофизика галактик и скоплений галактик.

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

Основой методики организации самостоятельной работы студентов по курсу является предоставление студентам необходимой для работы информации, а также обеспечение регулярных консультаций преподавателя и периодичной отчетности по различным видам учебной и самостоятельной деятельности.

В открытом доступе для студентов размещается следующая информация:

- программа курса с указанием основной и дополнительной литературы;
- учебно-методические материалы;
- график консультаций преподавателя;
- вопросы для проведения экзамена;
- сроки проведения контрольных мероприятий по различным видам учебной деятельности:
 - коллоквиумов по изучаемому материалу;
 - контрольных работ
 - реферативных работ
- для дополнительного развития творческих способностей одаренных студентов организуются:
 - студенческие научно-практические конференций, конкурсы;
 - студенческие олимпиады.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать коллоквиумы, контрольные работы и реферативные работы. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Коллоквиум и контрольная работа проводятся в письменной форме, каждая из работ включает в себя 2–3 задачи. На выполнение как контрольных работ, так и коллоквиумов отводится 45 мин. По согласованию с преподавателем разрешается использовать справочные, научные и учебные печатные издания. Каждая задача в соответствии с ее сложностью оценивается от 3 до 5 баллов (максимальная сумма баллов за все задачи в контрольной (коллоквиуме) равна 10). Количество баллов за каждую решенную задачу выставляется в зависимости от правильности, полноты и ори-

гинальности ее решения. Нерешенная или решённая полностью неправильно задача оценивается в 0 баллов. Оценка за контрольную (коллоквиум) рассчитывается как сумма баллов, полученных за каждую задачу.

Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций с последующей дискуссией. Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале.

Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднее оценок за каждый из письменных видов работ. При оценке текущей успеваемости 4 балла и более студенты допускаются к экзамену. При оценке ниже 4 баллов решением кафедры студенты не допускаются к экзамену, и им назначается срок выполнения контрольных работ и/или коллоквиумов.

Итоговая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме экзамена. Экзаменационная оценка и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и экзаменационной оценки. Весовой коэффициент для оценки текущей успеваемости — 0,3; для экзаменационной оценки — 0,7.

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Тензорный и спинорный анализ	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленной варианте (протокол №10 от 23.05.2016)
Общая теория относительности	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленной варианте (протокол №10 от 23.05.2016)
Классическая теория поля	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленной варианте (протокол №10 от 23.05.2016)