

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(ТГПУ)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

M.2.B.06 «КОСМОЛОГИЯ»

ТРУДОЕМКОСТЬ (В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ) 2

Направление подготовки 011200.68 Физика

Профиль подготовки: Теоретическая физика

Квалификация выпускника магистр

1. Цели изучения дисциплины

Курс «Космология» представляет собой специальный раздел теоретической физики магистерской программы подготовки и представляет собой существенный элемент как современного профессионального физического образования так и современного научного мировоззрения.

Целью курса «Космология» является:

- ознакомление магистрантов с историей, развитием и современным состоянием космологических представлений;
- формирование у магистрантов представлений о современной физической картине мира, об эволюции Вселенной, о методах описания явлений на сверхбольших расстояниях;
- выработка у магистрантов представлений об основных моделях космологии, являющейся важной составной частью и одновременно инструментом формирования научного мировоззрения;
- ознакомление с базовыми принципами, лежащими в основе современного описания Вселенной, основными уравнениями динамики Вселенной, с наблюдательными и теоретическими методами, применяемыми в космологии;
- дальнейшее развитие у обучающихся навыков физического мышления, позволяющих самостоятельно проводить определенные вычисления, необходимые при решении конкретных задач космологии;
- расширение фундаментальной базы физических знаний;
- формирование теоретической и практической профессиональной подготовки к преподаванию физики в общеобразовательных учреждениях, средних специальных и высших учебных заведениях;
- вооружение магистранта конкретными знаниями, дополняющими уже полученную в цикле курсов Теоретической физики информацию и позволяющими впоследствии использовать их для дальнейшей специализации.

2. Место учебной дисциплины в структуре основной образовательной программы

Курс «Космология» относится к Профессиональному циклу дисциплин и входит в состав его Вариативной части.

Областью профессиональной деятельности магистров, на которую ориентирует дисциплина «Космология», является образование и научная деятельность.

Дисциплина готовит к решению следующих задач профессиональной деятельности в педагогической и научной деятельности магистров:

- обучение школьников или студентов с использованием конкретных знаний из области общей и теоретической физики;
- привитие им навыков физического мышления;
- тренировка умения школьников или студентов ставить и решать конкретные задачи;
- участие в формировании научного мировоззрения учащихся путем обогащения его современными космологическими представлениями;
- использование полученных в курсе изучения «Космологии» навыков и умений в научной деятельности.

Для освоения дисциплины «Космология» обучающиеся используют знания, умения, способы деятельности и установки, сформированные в ходе изучения курсов Теоретической физики в процессе предшествующего обучения в ВУЗе, а также курсов Общенаучного цикла, прочитанных в предыдущих семестрах:

- Философские вопросы естествознания (1 семестр),
- Методы квантовой механики (1 семестр),
- Специальный физический практикум (1,2 семестры),

и Профессионального цикла магистерской программы:

- Современные проблемы физики (1 семестр),
- История и методология физики (2 семестр),
- Классические поля (2 семестр),
- Общая теория относительности (2 семестр),

Параллельно (в 3 семестре) изучаются курсы *Общенаучного цикла* программы:

- Специальный физический практикум,

и *Профессионального цикла*:

- Классические поля,
- Квантовая теория поля,
- Квантовая теория излучения

3. Требования к уровню освоения программы

Процесс изучения дисциплины **«Космология»** направлен на формирование у магистрантов следующих компетенций:

Общекультурными (ОК): ОК-1, ОК-5;

Профессиональными (ПК): ПК-5, ПК-11.

В результате освоения материала курса обучающийся должен:

- знать основные уравнения, описывающие динамику реальной Вселенной, основные этапы эволюции Вселенной, понимать физическое содержание принципов, лежащих в основе моделей Вселенной;
- уметь использовать общетеоретические физико-математические знания для решения частных задач, возникающих в космологических моделях;
- владеть навыками решения задач, основанных на практическом применении изучаемого материала, владеть методами, используемыми для приближенного описания физических явлений на сверхбольших масштабах, владеть общетеоретической культурой, необходимой современному преподавателю и научному работнику.

4. Общая трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы .

Объем дисциплины и виды учебной работы:

Таблица 1

Вид учебной работы	Трудоемкость	Распределение по семестрам	
		3 семестр	
Аудиторные занятия	20	20	
Лекции (Л)	10	10	
Практические занятия (ПЗ)	10	10	
Семинары (С)			
Лабораторные работы (ЛР)			
Другие виды аудиторных работ(в интерактиве не менее 30 %)	10	10	
Другие виды работ			
Самостоятельная работа (СР)	52	52	
Курсовой проект (работа)			
Реферат			
Расчетно-графические работы			

Формы текущего контроля		Задания на практических занятиях. Домашние задания. Устный опрос. Контрольная работа
Формы промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом		зачет

5. Содержание учебной дисциплины

5.1. Разделы учебной дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Аудиторные часы				Сам. работа (час)
		Всего	лекция	практи- ческие	Интерактивн. формы обуч. (не менее 30%)	
1	Введение в космологию	1	1			4
2	Наблюдательные данные об эволюции и строении Вселенной	2	2			4
3	Ньютоновская космология. Геометрия Вселенной	2	1	1	2	4
4	Релятивистская космология	2	1	1	1	4
5	Обзор космологических моделей	2	1	1		4
6	Эволюция Вселенной	2	1	1	2	4
7	Эпоха инфляции	1		1	1	4
8	Структуры во Вселенной	2	1	1	2	4
9	Высокие энергии в космологии	2		2		4
10	Элементарные частицы во Вселенной	2	1	1		4
11	Энергетическая структура Вселенной	2	1	1	2	12
	Итого	20 час. /0,83 зачет.ед.	10 часов	10 часов	10 часов, 50%	52час . .

5.2. Содержание разделов дисциплины

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (дидактические единицы)
1	Введение в космологию	Предмет космологии. Краткая история развития космологических представлений. Ранняя научная космология
2	Наблюдательные данные об эволюции и строении Вселенной	Наблюдения на ближних, дальних и средних расстояниях. Видимая Вселенная. Красное смещение и расширение Вселенной. Закон Хаббла. Возраст звёзд и галактик. Распределение и плотность материи. Химический состав материи. Однородность и изотропия. Микроволновое фоновое излучение. Основные наблюдательные параметры
3	Ньютоновская космология. Геометрия Вселенной	Ньютоновская гравитация. Уравнения Фридмана. Уравнение идеальной жидкости. Уравнение ускорения. Геометрия Вселенной: плоская, сферическая, гиперболическая. Топология Вселенной

4	Релятивистская космология	Общая релятивистская космология. Уравнения Эйнштейна. Статическая Вселенная Эйнштейна. Космологическая постоянная
5	Обзор космологических моделей	Обзор фридмановских моделей Вселенных. Классификация Вселенных: геометрическая, кинематическая. Вселенные с отрицательным давлением
6	Эволюция Вселенной	Происхождение Вселенной. Этапы эволюции: временная шкала. Стадии эволюции и температура Вселенной. Ранняя Вселенная. Горизонт Вселенной. Поверхность последнего рассеяния. Реликтовое излучение
7	Эпоха инфляции	Инфляция. Космическое натяжение. Решение проблем однородности и плоскостности. Скалярное поле, управляющее инфляцией. Механизм Хиггса. Различные инфляционные сценарии
8	Структуры во Вселенной	Конец инфляционной стадии. Возмущения плотности. Возникновение зародышей галактик Гравитационно-волновой фон
9	Высокие энергии в космологии	Фундаментальные взаимодействия. Константы связи. Схождение констант связи при высоких энергиях. Единое взаимодействие. Этапы объединения взаимодействий. Вселенная при высоких энергиях. Большой Взрыв и проблема начальной сингularity. Пространство-время при планковских масштабах. Квантовая гравитация
10	Элементарные частицы во Вселенной	Адроны и лептоны. Спин частиц. Симметрии и законы сохранения. Кварковый состав барионов. Стандартная космологическая модель. Суперсимметрия. Распад протона. Барионная асимметрия Вселенной. Горячий бариосинтез. Холодный бариогенез
11	Энергетическая структура Вселенной	Материя. Излучение. Плотность Вселенной. Параметр плотности. Темная материя. Кандидаты на роль тёмной материи: фундаментальные частицы, компактные объекты. Ускоренное расширение Вселенной. Тёмная энергия. Различные подходы к проблеме тёмной энергии. Возможная судьба Вселенной

5.3. Лабораторный практикум не предусмотрен учебным планом.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

6.1. Основная литература:

1. Уолд, Роберт М. Общая теория относительности /Роберт М. Уолд: изд-во Российского университета дружбы народов, 2008.
2. Кононович, Эдвард Владимирович. Общий курс астрономии: учебное пособие для вузов/Э. В. Кононович, В. И. Мороз.-М.: URSS, 2011.

6.2. Дополнительная литература:

3. Засов, Анатолий Владимирович. Общая астрофизика: учебное пособие для вузов/А. В. Засов, К. А. Постнов.-Фрязино: Век 2, 2006
4. Ландау, Лев Давидович. Теоретическая физика. Теория поля: учебное пособие для вузов: в 10 т./Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц.- М.:ФИЗМАТЛИТ.- (Теоретическая физика). Т. 2: Теория поля.-2006.
5. Кузнецов, Вадим Михайлович. Концепции мироздания в современной физике: учебное пособие для вузов/В. М. Кузнецов.-М.: Академкнига, 2006.
6. Нарликар, Джайант В. Неистовая Вселенная /Дж. Нарликар.-М.: Мир, 1985
7. Elizalde, Emilio. Cosmology, the Quantum Vacuum, and Zeta Functions;-Tomsk:Tomsk State Pedagogical University Press, 2009.

6.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

При изучении дисциплины полезно при необходимости использовать Интернет-ресурсы:

1. <http://www.elementy.ru/> – сайт «Элементы большой науки»
2. <http://www.astronet.ru/> – «Астронет», сайт ГАИШ МГУ
3. <http://www.dxdy.ru/> – научный форум
4. <http://www.nehudlit.ru/> – сайт нехудожественной литературы

6.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерный класс. Интернет. Требуется возможность демонстрировать графики и рисунки, взятые из переносного компьютера, на экран с помощью мультимедийного проектора на лекциях.

7. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.

7.1. Методические рекомендации для преподавателей

Магистрантский курс **«Космология»** ввиду специфики дисциплины сориентирован, прежде всего, на традиционные образовательные технологии, см. следующую ниже таблицу.

Таблица 4

№ п/п	Виды учебной работы	Образовательные технологии
1.	Лекция	Традиционная форма
2.	Практическое занятие	Традиционный подход к решению задач по предложенному алгоритму, а также самостоятельный поиск решения проблемы (проведение расчётов и доказательств, требующих поиска алгоритма)
3.	Семинар	Подготовка обучающимися докладов по заданной теме
4.	Устный опрос	Традиционная форма

Три четверти времени курса **«Космология»** отводится самостоятельной работе магистрантов – 52 из 72 часов. В разделе 5.1 приведено распределение времени самостоятельной работы по темам. Формы контроля этой работы преподавателем предложены в разделе 8.7 данной Программы.

Преподаватель обязательно должен давать домашние задания, по возможности индивидуальные, на каждом практическом занятии и проверять на следующем. При систематическом невыполнении текущих заданий обучающийся получает дополнительную нагрузку на зачете в виде задач и вопросов по незачтённым разделам. Об этом следует проинформировать магистрантов на первых лекциях.

Также в течение семестра преподавателям рекомендуется регулярно проверять усвоение магистрантами теоретического учебного материала. Опросы по пройденному материалу целесообразно проводить через каждые 5-6 лекционных часов в начале каждой лекции, следующей за перечисленными темами (или в ходе темы):

- 3) Ньютонаская космология. Геометрия Вселенной;
- 6) Эволюция Вселенной;
- 9) Высокие энергии в космологии.

В опрос при этом могут включаться темы всех прочитанных после предыдущего опроса разделов. Ответы магистрантов оцениваются по пятибалльной системе, заносятся в журнал и используются как дополнительная информация при оценивании знаний учащихся на экзамене и при аттестации в середине семестра.

По возможности, помимо текущего контроля, в середине семестра желательно провести более длительную (от 20 до 45 минут) проверочную работу, включающую не только вопросы, но и задачи. Для простоты можно ограничиться одним вариантом заданий. Для текущего контроля и внеаудиторной работы магистрантов можно использовать контрольные вопросы и задания, приведённые в п. 8.2 и 8.3 раздела 8 данной Программы «Формы текущего контроля».

В начале курса преподаватель должен огласить список рекомендованной для изучения литературы, сделав упор на более близких к читаемому курсу источниках. При этом следует предупредить магистрантов, что некоторые темы, вынесенные на зачет, будут разбираться ими самостоятельно. Предлагаемые магистрантам для самостоятельного изучения темы должны развивать их умение работать с литературой, но должны быть доступными, иметь обзорный характер, не требуя слишком детального проникновения в суть вопроса.

Учитывая достаточно высокий уровень самостоятельности магистрантов, на последних занятиях, после усвоения ими базовой части курса, можно предложить им представить доклады-лекции по плановым темам разделов «Элементарные частицы во Вселенной», «Энергетическая структура Вселенной». Такие задания развивают ответственность магистрантов, тренируют их умение изложить материал в доступной форме и ответить на возникающие вопросы. Это очень полезная практика в свете того, что большинство магистрантов сами ведут занятия у студентов.

Формой отчётности по данному магистерскому курсу является зачет. Перечень вопросов к зачету дан в том же разделе 8 «Формы текущего контроля», п. 8.5. В каждом билете комбинируются два вопроса из разных разделов. Можно предлагать на зачете и задачи, уже решённые магистрантами в ходе прохождения курса, для проверки прочности усвоения знаний.

7.2 Методические рекомендации для магистрантов

Необходимой базой для прочного усвоения материала курса **«Космология»** является основательное изучение магистрантами курсов Теоретической физики в процессе предшествующего обучения в ВУЗе (полностью) и предшествующих курсов Теоретической физики, указанных в п.2. «Место учебной дисциплины в структуре основной образовательной программы», в частности, курса «Общая теория относительности».

В данном курсе немалая роль отводится самостоятельной работе – 52 из 72 часов. Поэтому для более прочного усвоения учебного материала, изложенного на лекциях, обучающимся рекомендуется использовать необходимые конспекты лекций, а также рекомендуемую учебную литературу (раздел 6 программы «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины»).

Данная литература, как основная, так и дополнительная, имеется в библиотеке ТГПУ в достаточном количестве экземпляров. При изучении отдельных вопросов и подготовке тем, предложенных к самостояльному изучению, студенты могут использовать также предложенные и найденные самостоятельно Интернет-ресурсы.

При изучении теоретического материала, вынесенного на самостоятельное изучение, магистранты могут работать совместно, разбив материал на части для индивидуального сбора информации, а затем обмениваясь найденными сведениями. Следует приступить к работе сразу же после получения задания, иначе на неё не остается времени в период подготовки к зачету.

Задания, полученные на лекциях, подобные уже разобранным задачам, являются обязательными и должны выполняться по ходу курса для закрепления пройденного. Невыполнение заданий учитывается при сдаче магистрантом зачета: он получает дополнительные задачи того же типа, что были вынесены на самостоятельную работу. Большое количество дополнительных заданий затрудняет сдачу зачета.

Для усвоения магистрантами материала преподаватель проводит промежуточные опросы, результаты которых учитываются на зачёте. Готовясь к ним, учащиеся должны регулярно изучать лекционный материал. Игнорирование промежуточных опросов приводит к неудовлетворительному баллу «контрольной точки» и трудностям в понимании текущих лекций.

Кроме того, от учащегося требуется умение проводить расчёты по изучаемому материалу, следовательно, он должен решать вместе с преподавателем на лекции предлагаемые задачи и обязательно выполнять однотипные задачи, предложенные для внеаудиторной работы, поскольку вопросы билетов по данному курсу включают задачи.

Для проверки своих знаний и тренировки можно использовать задания и вопросы для самостоятельной работы, приведённые в п. 8.2 и 8.3 данной Программы.

Наконец, нужно сказать, что от магистранта требуется более ясное понимание курса и умение самостоятельно разобраться в отдельных темах курса, чем от студента, поэтому на последних занятиях предусмотрены доклады магистрантов реферативного типа и их обсуждение. В данном случае, отвечая на вопросы товарищей, докладчик может проверить, насколько хорошо он разобрался в вопросе. А в другой раз он сам может выяснить детали темы, задавая вопросы другому докладчику. Этим достигается ясное понимание основных вопросов и умение самостоятельно проводить требуемые вычисления.

8. Формы текущего контроля

8.1. Тематика рефератов

Темы докладов определяются, исходя из конкретного материала лекций и возможностей и желаний магистрантов. Обычно это последние темы курса. В данном случае для докладов магистрантов предложены темы из разделов «Элементарные частицы во Вселенной» и «Энергетическая структура Вселенной».

8.2. Контрольные задания и задания для самостоятельной работы

1. Как влияет наличие космологической постоянной на спектр возможностей для эволюции Вселенной (по сравнению с тремя вариантами развития в модели Фридмана без космологического члена)?
2. Определить необходимое и достаточное условие для уравнения состояния, которое соответствовало бы отрицательному параметру замедления
3. Найти плотность Вселенной в зависимости от масштабного фактора во Вселенной фридмановского типа с уравнением состояния $P = (\gamma - 1)\rho c^2$, где $0 \leq \gamma < 2$
4. Показать, что полному уравнению Фридмана для Вселенной, имеющей положительную кривизну и содержащей только материю, удовлетворяет параметрическое решение $a(\theta) = 4\pi G\rho_0(1 - \cos\theta)/3k$, $t(\theta) = 4\pi G\rho_0(\theta - \sin\theta)/3k^{3/2}$
5. По данным предыдущей задачи изобразить (графически) зависимость $a(\theta), t(\theta), a(t)$
6. Рассматривая фридмановское уравнение и уравнение ускорения, в предположении нулевого давления во Вселенной, продемонстрировать, что Вселенная будет статической, если она замкнута и имеет положительную вакуумную энергию
7. Галактический возраст можно оценить по радиоактивному распаду урана в сверхновых. На основе первоначального избытка изотопов ожидалось, что они находились в соотношении $(U^{235}/U^{238})_{initial} \approx 1,65$. Скорость распада изотопов есть $\lambda(U^{238}) = 0,15 \cdot 10^{-9} \text{ ГГ}^{-1}$, $\lambda(U^{235}) = 0,15 \cdot 10^{-9} \text{ ГГ}^{-1}$. Настоящее соотношение избытка есть $(U^{235}/U^{238})_{present} \approx 0,0072$. Использовать закон радиоактивного распада для оценки возраста галактики. Дополнительно галактике требуется еще миллиард лет для первоначального формирования
8. В условиях предыдущей задачи получить верхний предел хаббловского параметра h , полагая плотность Вселенной критической ($h = 0,72 \pm 0,08$)
9. Как зависит от времени масштабный фактор в ранней Вселенной?
10. Энергетическая плотность излучения связана с температурой соотношением $\varepsilon_{rad} = \rho_{rad}c^2 = \alpha T^4$. Рассчитать температуру Вселенной в возрасте 1 сек., используя

- фридмановское уравнение и радиационно-доминированное решение для масштабного фактора
11. По данным предыдущей задачи найти массовую плотность в указанное время
 12. Ориентировочный возраст Вселенной? Как он может быть оценен теоретически?
 13. Каков был возраст Вселенной, когда её плотность была сравнима с плотностью воды?
 14. Оценить радиус «поверхности последнего рассеяния», предполагая плотность критической (в настоящий момент времени)
 15. Численная плотность фотонов в микроволновом фоне есть $n_\gamma \approx 3,7 \cdot 10^8 i^{-3}$. Предполагая нейтрино безмассовыми, оценить их численную плотность
 16. Как много космических нейтрино проходит через ваше тело за 1 сек.?
 17. Какая компонента уравнений Эйнштейна совпадает с уравнением Фридмана?
 18. Какова роль скалярного поля в механизме инфляции?

8.3. Контрольные вопросы и вопросы для самопроверки

1. Что изучает научная космология?
2. В чём состояло открытие Хаббла?
3. Размерность параметра Хаббла?
4. На основании каких фактов был сделан вывод о расширении Вселенной?
5. Природа микроволнового фонового излучения?
6. Что такое «стандартные свечи»?
7. Основные наблюдательные параметры, служащие тестами космологических моделей?
8. О чём говорит величина параметра плотности?
9. Физический смысл параметра замедления?
10. Для чего первоначально была введена космологическая постоянная?
11. Материя или излучение доминирует во фридмановском уравнении в ранние времена?
12. Какова геометрия нашей Вселенной (приближённо)?
13. Какой вид энергии преобладает во Вселенной? Указать процентное соотношение различных видов материи (энергии)
14. Какие фундаментальные частицы могли бы служить кандидатами на роль горячей тёмной материи?
15. Перечислить виды фундаментальных взаимодействий
16. Какой порядок температур характерен для электрослабого фазового перехода?
17. Температура реликтового излучения?
18. Скорость расширения Вселенной выше в эпоху доминирования материи или излучения?
19. Записать уравнение идеальной жидкости
20. Что понимают под конденсатом скалярного поля?
21. Различные интерпретации космологической постоянной?
22. Какие параметры имеет космологическая модель Де Ситтера?
23. Что понимают под горизонтом Вселенной?
24. Что такое «поверхность последнего рассеяния»?
25. Каких частиц больше во Вселенной – фотонов или барионов?
26. С чем связана возможность распада протона?

8.4. Перечень вопросов для промежуточной аттестации (к зачету)

1. Предмет космологии. История эволюции космологических представлений
2. Основные наблюдательные данные о крупномасштабной структуре Вселенной
3. Красное смещение и расширение Вселенной. Закон Хаббла. Возраст звёзд и галактик
4. Распределение и плотность материи во Вселенной. Химический состав материи
5. Однородность и изотропия Вселенной. Характеристики микроволнового фонового излучения
6. Уравнения Фридмана.

7. Уравнение идеальной жидкости. Уравнение ускорения
8. Геометрия Вселенной: плоская, сферическая, гиперболическая. Топология Вселенной
9. Уравнения Эйнштейна
10. Статическая Вселенная Эйнштейна. Космологическая постоянная
11. Модели Вселенных Фридмана-Леметра
12. Геометрическая и кинематическая классификации Вселенных
13. Этапы эволюции Вселенной. Временная шкала. Стадии эволюции и температура Вселенной
14. Ранняя Вселенная. Горизонт Вселенной. Поверхность последнего рассеяния. Реликтовое излучение
15. Эпоха инфляции. Решение проблем однородности и плоскости. Скалярное поле, управляющее инфляцией. Механизм Хиггса
16. Инфляционные сценарии
17. Образование структур во Вселенной. Возмущения плотности и возникновение зародышей галактик. Гравитационно-волновой фон
18. Фундаментальные взаимодействия. Переносчики взаимодействий. Константы связи. Схождение констант связи при высоких энергиях
19. Единое взаимодействие. Этапы объединения взаимодействий. Вселенная при высоких энергиях
20. Большой Взрыв и проблема начальной сингулярности. Пространство-время при планковских масштабах
21. Классификация элементарных частиц. Спин частиц. Адроны и лептоны. Кварковый состав барионов
22. Симметрии и законы сохранения в физике частиц. Стандартная космологическая модель
23. Суперсимметрия. Распад протона. Барионная асимметрия Вселенной. Нуклеосинтез
24. Энергетическая структура Вселенной. Материя. Излучение. Параметр плотности Вселенной
25. Темная материя. Кандидаты на роль тёмной материи: фундаментальные частицы, компактные объекты
26. Ускоренное расширение Вселенной. Тёмная энергия. Различные подходы к проблеме тёмной энергии

8.5. Темы для написания курсовых работ

Не предусмотрено учебным планом.

8.6. Формы контроля самостоятельной работы

Таблица 5

№п/п	Наименование раздела дисциплины	Средства текущего контроля
1	Введение в космологию	Краткий опрос
2	Наблюдательные данные об эволюции и строении Вселенной	Выполнение учебных заданий в ходе практических занятий
3	Ньютонаовская космология. Геометрия Вселенной	Выполнение вычислений в ходе практических занятий. Устный опрос
4	Релятивистская космология	Выполнение учебных расчётов. Проверка домашних работ
5	Обзор космологических моделей	Проверка домашних работ. Контрольная работа
6	Эволюция Вселенной	Проверка домашних работ. Устный опрос Проведение доказательств и вычислений в ходе лекционных занятий
7	Эпоха инфляции	Проверка домашних работ. Проведение доказательств в ходе лекционных занятий.
8	Структуры во Вселенной	Проверка домашних работ. Выполнение

		учебных расчётов в ходе лекционных и практических занятий
9	Высокие энергии в космологии	Устный опрос. Проверка домашних работ
10	Элементарные частицы во Вселенной	Представление докладов
11	Энергетическая структура Вселенной	Представление докладов

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки: 011200.68 Физика.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена: доцентом кафедры теоретической физики, кандидатом физ.-мат. наук

Е. Н. Кирилловой

Рабочая программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики ТГПУ, протокол № 9 от « 30 » августа 2013 г.,

Заведующий кафедрой теоретической физики

И. Л. Бухбиндер

Рабочая программа учебной дисциплины одобрена УМК физико-математического факультета ТГПУ, протокол № 1 от « 30 » августа 2013 г.,

Председатель УМК физико-математического факультета

З. А. Скрипко