

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

(ТГПУ)



«УТВЕРЖДАЮ»

декан физико-математического факультета
А.Н. Макаренко

августа 2013 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

M.2.B.06. «Астрофизика»

ТРУДОЕМКОСТЬ (В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ) 2.

Направление подготовки: 011200.68 Физика

Магистерская программа: Теоретическая физика

Квалификация (степень) выпускника: магистр

1. Цели изучения дисциплины

Основная цель курса «Астрофизика» – дать общее представление о физических методах исследования явлений в космическом пространстве. Изучение данного предмета позволит студентам, обучающимся в магистратуре по направлению физико-математическое образование, глубже понять сущность законов физики, которые используются для изучения природы звезд и межзвездной среды. Поскольку астрофизика, будучи разделом астрономии, является в то же время очень специфичной частью физики, ее изучение способствует формированию естественно-научного мировоззрения..

2. Место учебной дисциплины в структуре основной образовательной программы.

Курс «Астрофизика» относится к профессиональному циклу дисциплин и входит в состав раздела «дисциплины по выбору студента». Преподается предмет в третьем семестре. Программа подготовлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта третьего поколения.

Курс «Астрофизика» является специальным разделом теоретической физики, который дает представление о различных задачах и методах исследований современной астрофизики и космологии, объединенных общей целью всестороннего исследования природы Вселенной в рамках известных физических законов. Программа предназначена для построения курса лекционных и практических занятий для студентов магистратуры. Данный курс предполагает, что студент знаком с основными разделами общей и теоретической физики, а также с курсом общей астрономии.

3. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Астрофизика» вносит вклад в формирование следующих компетенций, требуемых ФГОС ВПО по направлению подготовки 011200.68 Физика:

Общекультурными (ОК): ОК-1, ОК-5, ОК-7, ОК-10;

Профессиональными (ПК): ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10.

В результате изучения курса «Астрофизика» студент магистратуры должен:

занять содержание фундаментальных принципов, приближенных методов и основных моделей астрофизики;

уметь формулировать определения основных понятий предмета, уметь объяснять содержание фундаментальных принципов и законов, рассматриваемых в астрофизике, хорошо понимать роль астрономических наблюдений в формировании научных знаний;

обладать навыками использования общетеоретических физико-математических знания для решения частных задач, возникающих в астрофизических и космологических моделях.

4. Общая трудоемкость дисциплины и виды учебной работы.

Общая трудоемкость дисциплины : 2 зачетных единиц

Вид учебной работы	Трудоемкость (в соответствии с учебным планом) (час)	Распределение по семестрам (час)
	Всего 72	3
Аудиторные занятия	20	20
Лекции	10	10
Практические занятия	10	10
Семинары		
Лабораторные работы		

Другие виды аудиторных работ (занятия в интерактивной форме – 40% от ауд. часов)	10	10
Другие виды работ		
Самостоятельная работа	52	52
Курсовой проект (работа)		
Расчетно-графические работы		
Реферат		
Расчетно-графические работы		
Формы текущего контроля		
Формы промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом		зачет

5. Содержание учебной дисциплины

5.1. Разделы учебной дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Аудиторные занятия				Самостоятельная работа
		Всего	Лекции	Практические занятия	Занятия в интерактивной форме	
1	Физические законы в астрофизике.	3	2	1	2	8
2	Межзвездная среда.	4	2	2	2	8
3	Внутреннее строение звезд.	3	1	2	2	10
4	Состояние вещества в звездах. Источники звездной энергии.	4	2	2	2	8
5	Эволюция звезд.	3	1	2	2	9
6	Галактики. Элементы космологии	3	2	1		9
	Итого:	Час/зач. ед 20\ 0.6	10	10	Час / % 10/ 50	52

5.2. Содержание разделов дисциплины

1. Физические законы в астрофизике. Законы теплового излучения. Физика излучающего газа. Задача о переносе излучения. Методы определения температуры и химического состава небесных тел. Определение фундаментальных звездных параметров: масс, радиусов, светимостей. Многообразие звездных спектров. Спектральная классификация звезд. Нетепловые механизмы излучения.

2. Межзвездная среда. Компоненты межзвездной среды. Наблюдаемые состояния межзвездного газа: области НI, НII, корональный газ, молекулярные облака. Гравитационная неустойчивость. Условия гравитационного сжатия облака и его фрагментация. Критерий Джинса.

3. Внутреннее строение звезд. Задача о внутреннем строении сферически симметричных звезд в рамках теории тяготения Ньютона. Политропные модели звезд. Условие лучистого равновесия. Система уравнений, описывающая внутреннюю структуру сферически-симметричных звезд. Методы расчета моделей звезд.

4. Состояние вещества в звездах. Источники звездной энергии. Ионизация и диссоциация идеального газа. Равновесное излучение. Вырождение электронного газа. Нерелятивистское и предельное релятивистское приближения к давлению вырожденного электронного газа. Нейтрониза-

ция вещества в звездах. Гравитационное сжатие. Термоядерные источники энергии: протон-протонная реакция, углеродно-азотный цикл, тройная α -реакция, формирование элементов железного пика.

5. Эволюция звезд. Стадия гравитационного сжатия. Протозвезды. Стадия Хаяши. Звезды типа Т Тельца. Объекты Хербига-Аро. Эволюция звезд и диаграмма Герцшprunga-Рессела. Фаза главной последовательности. Предел Чандraseкара. Эволюция звезд с массой $\leq 2,5 M_{\odot}$ после ухода с главной последовательности. Гелиевая вспышка. Образование планетарной туманности. Эволюция звезд с массой от $2,5 M_{\odot}$ до $8 M_{\odot}$. Сверхновые типа I_a. Эволюция звезд с массой $> 8 M_{\odot}$. Механизм вспышки сверхновых типа II. Диаграмма Герцшprunga-Рессела для шаровых звездных скоплений. Белые карлики, нейтронные звезды: строение, диапазон масс, температурная эволюция. Пульсары. Предел Оппенгеймера-Волкова. Черные дыры: радиус Шварцшильда, свойства черной дыры, приливные силы вблизи черной дыры.

6. Галактики. Строение нашей Галактики. Классификация и структура галактик различного типа. Пространственное распределение и эволюция галактик. Структура Метагалактики.

7. Наблюдательные основы современной космологии. Наблюдаемая однородность пространственного распределения галактик, их групп и скоплений на большом космологическом масштабе. Наблюдения на ближних, дальних и средних расстояниях. Открытие Э.Хабблом нестационарности Вселенной. Микроволновое фоновое излучение. Химический состав вещества и возраст наблюдаемых космических объектов.

5. 3 Лабораторный практикум - не предусмотрен учебным планом.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

6.1 Основная литература:

1. Кононович, Э. В. Общий курс астрономии :учебное пособие для вузов /Э. В. Кононович, В. И. Мороз ; под ред. В. В. Иванова ; МГУ.-Изд. 4-е.-М.: URSS , 2011.-542 с.

6.2. Дополнительная литература:

1. Засов, А.В. Общая астрофизика: учебное пособие для вузов/А. В. Засов, К. А. Постнов.-Фрязино:Век 2, 2006.-493 с.
2. Бороненко, Т.С. Наблюдаемые характеристики небесных тел: Учебно-методическое пособие. / Т.С. Бороненко, В.В. Кругликов; МО РФ, ТГПУ. - Томск: Издательство ТГПУ,Томск, 2000, - 40 с
3. Уолд, Роберт М. Общая теория относительности /Роберт М. Уолд ; пер. с англ. В. Р. Гаврилов [и др.] ; ред. перевода И. Л. Бухбиндер, С. В. Червон.-М.:издательство Российского университета дружбы народов, 2008.-692 с.

6.3 Средства обеспечения освоения дисциплины.

Интернет источники:

www.college.ru — Образовательный портал по астрономии.

www.astronet.ru — Рубрика «Книги». Пособие «Л.И. Машонкина, В.Ф. Сулейманов. Задачи и упражнения по общей астрономии». Изд-во Казанского университета.

<http://crydee.sai.msu.ru/~konon/Book/titL.html>. «В.В. Иванов, А.В. Кривов, П.А. Денисенков. Парadoxальная Вселенная». 175 оригинальных задач по астрономии с решениями. Изд-во Санкт-Петербургского университета.

<http://www.modcos.com/> -Современная космология

<http://www.astroblogs.ru/> -- Астрономический портал

6.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№п/п	Наименование раздела (темы) учебной дисциплины	Наименование материалов обучения, пакетов программного обеспечения	Наименование технических и аудиовизуальных средств, используемых с целью демонстрации материалов
1	Вид звездного неба; изображения астрофизических объектов	Мультимедийная программа «RedShift» Пакет символьной математики MATHEMATICA (демо-версия)	Интернет. Интерактивная доска или экран и проектор
2	Движение тел Солнечной системы	Wolfram CDF-Player –свободно распространяемый	

7. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

7.1. Методические рекомендации для преподавателей.

Можно рекомендовать в качестве основных учебников издания: Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии. М., 2004, 2011., А. В. Засов, К. А. Постнов/ Общая астрофизика: учебное пособие для вузов.-Фрязино:Век 2, 2006. Эти издания рекомендованы Учебно-методическим советом по физике УМО университетов России в качестве учебных пособий для студентов университетов различного профиля. Представляется целесообразным включение в лекционный курс методов астрофизических исследований, связанных, например, с теорией гравитации, электродинамикой, термодинамикой, теорией излучения и т.д. При этом значительная часть материала по астрофизике, касающаяся ее многочисленных и разнообразных приложений, а также описаний космических объектов, может быть вынесена на самостоятельную работу студентов. Конкретно, это написание рефератов или собеседования по заданной теме. Следует отметить, что именно описательная часть астрономии достаточно хорошо изложена в учебных пособиях и монографиях. Поэтому работа над рефератами не должна вызывать у студентов каких-либо затруднений.

Существенную помощь в организации такого рода самостоятельной работы могут оказать учебные пособия, в которых приводятся подробные решения астрономических задач разной сложности. Такие пособия можно найти в системе Internet. Электронные задачники и учебники по астрофизике обладают более широким спектром возможностей в обучении, чем печатная продукция. В таких изданиях приводятся видеоизображения космических объектов, динамические модели, демонстрирующие физические процессы в космосе, звездные карты, графики орбит различных тел Солнечной системы и т. д. Это повышает интерес к изучению самого предмета и облегчает выполнение самостоятельной работы.

Для успешного усвоения материала важным является проведение нескольких занятий в компьютерном классе, чтобы научить студентов пользоваться компьютерными программами, демонстрирующими динамические модели космических явлений, фотографии космических объектов

7.2. Методические рекомендации для студентов.

Для более глубокого усвоения материала по данному курсу студентам магистратуры предлагается использовать рекомендуемую основную и дополнительную литературу. Основной учебник Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии. М., 2004, 2011. Наиболее полезным изданием дополнительной литературы является – А. В. Засов, К. А. Постнов/ Общая астрофизика: учебное пособие для вузов. - Фрязино: Век 2, 2006. Эти книги рекомендована Учебно-методическим сове-

том по физике УМО университетов России в качестве учебного пособия для студентов университетов различного профиля. Эти учебники полностью соответствует программе курса общей астрофизики и астрономии, представленной Госстандартом для вузов. Рекомендуемые учебные пособия имеют достаточно большой объем. Часть материала, особенно касающегося описания космических объектов, преподавателем может быть вынесена на самостоятельную работу. Студенты должны помнить, что все вопросы, вынесенные на самостоятельную работу, включаются в экзаменационные билеты.

Важным является также решение достаточно большого количества задач самостоятельно в качестве домашних заданий. Для самостоятельной работы по решению задач студентам рекомендуется использовать издание [2] дополнительной литературы. Перед каждым разделом в этом сборнике дается краткая теория и приводятся соответствующие формулы. В процессе выполнения самостоятельной работы полезно пользоваться системой Интернет. В настоящее время существует большое количество астрономических порталов с прекрасным иллюстративным материалом по астрономии. Студентам, прежде всего можно рекомендовать сайт www.astronet.ru - главный астрономический сайт России.

8. Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации:

8.1. Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы:

а) В качестве самостоятельной работы предлагается изучить некоторые вопросы общей астрономии необходимые для решения астрофизических задач:

1. Единицы измерения расстояний в астрономии.
2. Системы астрономических координат (экваториальная, эклиптическая, галактическая).
3. Определение расстояний до космических объектов.
4. Определение масс небесных тел.
5. Обобщенные законы Кеплера.
6. Системы звездных величин.
7. Объекты, принадлежащие нашей Галактике. Общая характеристика.

б) Перечень контрольных вопросов:

1. Если расстояние до звезды 1 пк, то чему равен ее годичный параллакс?
2. Как определяются массы звезд?
3. Как определяются расстояния до звезд?
4. Что такое эффективная температура?
5. Какие параметры определяют равновесный спектр излучения?
6. Формула Планка для удельной интенсивности равновесного излучения.
7. Что такое абсолютная звездная величина?
8. При каком показателе адиабаты вещества звезда теряет механическое равновесие и наступает коллапс звезды?
9. Чему равен интервал масс наблюдаемых звезд?
10. В спектрах звезд какого класса наблюдаются многочисленные линии металлов и очень интенсивны линии ионизованного кальция?
11. Показатель цвета у звезд какого класса равен нулю?
12. В спектрах какого класса звезд появляются молекулярные полосы?
13. В спектрах какого класса звезд линии водорода достигают наибольшей интенсивности?
14. По каким признакам осуществляется Гарвардская спектральная классификация звезд?
15. Между какими параметрами звезд устанавливает связь Диаграмма Герцшпрунга – Рессела?
16. Какому спектральному классу принадлежит красный карлик?
17. Какому спектральному классу принадлежит белый карлик?
18. Из каких химических элементов в основном состоит межзвездная среда?
19. Какие условия термодинамического равновесия выполняются в межзвездном газе?
20. Для чего используется излучение запрещенной линии $\lambda=21\text{ см}$, генерируемое областями HII?
21. Чем вызывается межзвездное покраснение света?

22. Чем обусловлен голубоватый цвет некоторых туманностей?
23. Что такое оптическая толщина?
24. Что собой представляют области, связанные с первой стадией эволюции звезд?
25. Что такое объекты Хербига –Аро?
26. Что является источником энергии протозвезд?
27. Что является основным источником энергии звезд главной последовательности?
28. Какая стадия термоядерной эволюции звезды самая длительная?
29. Какая характеристика звезды определяет ход ее эволюции?
30. Если звезда находится в равновесии, то что противостоит силе, стремящейся ее сжать?
31. За какое время объект с массой $m=1M_{\text{Sun}}$ достигает главную последовательность?
32. Какое время объект с массой $m=30M_{\text{Sun}}$ находится на главной последовательности?
33. Какие звезды находятся на треке Хаяши?
34. Как называются звезды, массы которых меньше, чем 0,08 массы Солнца?
35. Когда в звезде с массой $m=1M_{\text{Sun}}$ выгорает почти весь водород, что с ней происходит дальше?
36. Что происходит со звездой массой $m > 8M_{\text{Sun}}$ после выгорания водорода в ядре?
37. Что происходит со звездой массой $m = 1M_{\text{Sun}}$ после гелиевой вспышки?
38. В результате чего может образоваться планетарная туманность?
39. В результате чего может образоваться сверхновая типа I_a ?
40. В результате чего может образоваться сверхновая типа II?
41. Какими частицами уносится основная энергия, освобождаемая при взрыве сверхновой?
42. В результате чего может образоваться «новая»?
43. Чему равны масса, минимальный и максимальный радиус нейтронной звезды?
44. Чему равен предел Чандraseкара?
45. Какую величину не может превышать масса белого карлика?
46. Как зависит радиус R вырожденной звезды от ее массы M ?
47. Чему может равняться минимальная масса черной дыры?
48. Что такое радиус Шварцшильда?
49. Почему цефеиды могут быть использованы для измерения расстояний до звездных скоплений?
50. Почему астрономы для определения центра Галактики использовали наблюдения шаровых звездных скоплений?
51. Где в Галактике можно наблюдать области звездообразования?
52. В какой подсистеме Галактики сосредоточены шаровые звездные скопления?
53. Где в Галактике встречаются рассеянные звездные скопления?
54. Где в Галактике сосредоточено наибольшее число пульсаров и газовых остатков от взрывов сверхновых?
55. Какая характеристика Галактики может быть свидетельством наличия в ней скрытой массы?
56. В галактиках какого типа по классификации Хаббла отсутствуют области звездообразования?
57. Чем характеризуются галактики с активными ядрами?
58. К какому типу галактик по классификации Хаббла относятся в основном сейфертовские галактики?
59. К какому типу галактик по классификации Хаббла относятся в основном радиогалактики?
60. Почему квазары, находясь на космологических расстояниях, выглядят, как обычные звезды?

8.2. Примерная тематика курсовых работ и рефератов: курсовые работы не предусмотрены учебным планом, тематика рефератов по астрофизике и космологии связана с прикладными задачами и описанием космических объектов.

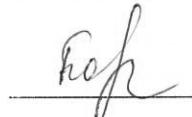
8.3. Перечень вопросов к зачету:

1. Электромагнитный спектр, исследуемый в астрофизике. Методы исследования. Приемники излучения
2. Элементы астрофотометрии. Световой поток. Освещенность. Интенсивность излучения.
3. Элементы астрофотометрии. Системы звездных величин. Экстинкция и оптическая толщина.
4. Тепловое излучение. Излучение абсолютно черного тела. Эффективная температура.
5. Спектры реальных космических объектов. Поляризация излучения. Эффект Зеемана.
6. Доплеровское смещение спектральных линий. Профили спектральных линий.
7. Задача о переносе излучения. Уравнение переноса.
8. Методы определения температуры и химического состава небесных тел.
9. Нетепловое излучение. Синхротронный и комптоновский механизмы.
10. Определение фундаментальных звездных параметров: масс, радиусов, светимостей.
11. Межзвездная среда. Компоненты межзвездной среды. Наблюдаемые состояния межзвездного газа: области НI, НII, корональный газ, молекулярные облака.
12. Межзвездная среда. Молекулярные облака. Гравитационная неустойчивость. Условия гравитационного сжатия облака и его фрагментация. Критерий Джинса.
13. Физические основы спектральной классификации звезд. Гарвардская спектральная классификация.
14. Диаграмма Герцшпрunga-Рессела. Статистические зависимости между основными параметрами звезд.
15. Задача о внутреннем строении сферически симметричных звезд в рамках теории тяготения Ньютона. Политропные модели звезд. Условие лучистого равновесия. Уравнения, описывающие внутреннюю структуру сферически-симметричных звезд.
16. Задача о внутреннем строении сферически симметричных звезд в рамках теории тяготения Ньютона. Модели звезд. Методы их расчета.
17. Состояние вещества в звездах. Ионизация и диссоциация идеального газа. Равновесное излучение.
18. Состояние вещества в звездах. Вырождение электронного газа. Нерелятивистское и предельное релятивистское приближения к давлению вырожденного электронного газа.
19. Состояние вещества в звездах. Нейтронизация.
20. Источники звездной энергии. Гравитационное сжатие. Условия гидростатического равновесия звезды.
21. Источники звездной энергии. Термоядерные источники энергии: протон-протонная реакция, углеродно-азотный цикл, тройная α -реакция, формирование элементов железного пика.
22. Эволюция звезд. Стадия гравитационного сжатия. Протозвезды. Стадия Хаяши. Звезды типа Т. Тельца. Объекты Хербига-Аро.
23. Эволюция звезд. Фаза главной последовательности. Предел Чандрасекара. Эволюция звезд с массой $\leq 2,5 M_{\odot}$ после ухода с главной последовательности. Гелиевая вспышка. Образование планетарной туманности.
24. Эволюция звезд. Эволюция звезд с массой от $2,5 M_{\odot}$ до $8 M_{\odot}$. Сверхновые типа I.
25. Эволюция звезд. Эволюция звезд с массой $> 8 M_{\odot}$. Механизм вспышки сверхновых типа II.
26. Эволюция звезд. Диаграмма Герцшпрunga-Рессела для шаровых звездных скоплений.
27. Вырожденные звезды. Белые карлики: строение, диапазон масс, температурная эволюция. Предел Чандрасекара.
28. Вырожденные звезды. Нейтронные звезды: строение, диапазон масс, температурная эволюция. Предел Оппенгеймера-Волкова. Пульсары.
29. Физика Солнца. Общие сведения о Солнце. Солнечный спектр. Химический состав Солнца.

30. Физика Солнца. Внутреннее строение. Теория солнечной атмосферы. Нестационарные процессы на Солнце.
31. Переменные звезды. Расположение различных типов переменных звезд на диаграмме Герцшпрунга-Рессела.
32. Переменные звезды. Пульсирующие переменные. Механизм пульсаций.
33. Переменные звезды. Эruptивные звезды. Новые и сверхновые звезды.
34. Наша Галактика. Определение расстояний до звёзд. Распределение звезд в Галактике. Спиральная структура. Звездные подсистемы.
35. Наша Галактика. Звездные подсистемы. Вращение и масса Галактики.
36. Галактики. Классификация и структура галактик различного типа. Эволюция галактик.

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

Рабочую программу учебной дисциплины составил:
кандидат физ.-мат. наук,
доцент кафедры теоретической физики

 Т.С. Бороненко.

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

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