

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук
(ФТИ им. А.Ф. Иоффе)



УТВЕРЖДАЮ

Директор

С.В. Иванов

« 13 » 04 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

ФИЗИКА КОСМОСА, АСТРОНОМИЯ

программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

по научной специальности 1.3.1 Физика космоса, астрономия

Принята решением Ученого совета
от 04.03.2022 № 03/22

Санкт-Петербург

2022 г.

Рабочая программа дисциплины Физика космоса, астрономия составлена на основании Программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.3.1 Физика космоса, астрономия

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели изучения дисциплины:

- изучение современных основ физики космоса, астрономии, физической картины окружающего мира;
- изучение физической природы, происхождения и эволюции небесных тел и образованных ими систем;
- изучение представлений о строении окружающего нас космического пространства, строения и эволюции Вселенной

1.2. Задачи дисциплины заключаются в изучении:

- фундаментальных понятий, законов и теорий, относящихся к современной физике космоса, астрономии и астрофизике: видимые движения небесных объектов, методы астрономических и астрофизических исследований, физика звезд и галактик, межзвездная и межгалактическая среда, внегалактическая астрономия, строение и эволюция Вселенной;
- современных аналитических и численных методов, необходимых для расчета и моделирования астрономических и астрофизических объектов и явлений.

Для достижения задач, поставленных при изучении дисциплины, используется набор методических средств: учебная, учебно-методическая литература, информационные ресурсы библиотеки, электронные курсы и др.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Физика космоса, астрономия» направлен на формирование следующих компетенций:

2.1. Универсальные компетенции:

- 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).

2.2. Общепрофессиональные компетенции:

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1).

2.3. Профессиональные компетенции:

- способность планировать, организовывать работу по проектам, требующим знания физики космоса, астрономии (ПК-1);
- способность к теоретическому расчету необходимых астрофизических и астрономических величин (ПК-2);
- способность к разработке математических моделей, определяющих изучаемые процессы в физике космоса, астрофизике и звездной астрономии (ПК-3);
- способность получать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по теме исследования, выбирать и обосновывать методики и средства решения поставленных задач (ПК-4).

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны:

знать:

- ключевые методы наблюдательной астрономии;
- основные законы, определяющие строение и эволюцию небесных тел;
- основные процессы, протекающие в звездах, межзвездной и межгалактической среде;
- основы науки о строении и эволюции Вселенной

уметь:

- применять методы математического моделирования при решении проблем современной физики космоса, астрономии и астрофизики;
- самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу;

владеть:

- фундаментальными разделами физики, необходимыми для изучения и описания процессов, протекавших на разных стадиях развития Вселенной и в различных астрономических и астрофизических объектах;
- научными терминами, основными понятиями и концепциями, необходимыми для понимания специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами современной физики космоса, астрономии;
- опытом самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Приводимая ниже таблица показывает распределение бюджета учебного времени, отводимого на освоение основных разделов курса согласно учебному плану «Физика космоса, астрономия» 72 ак. часа, 2 з.е.

Наименование разделов и тем	Трудоёмкость (в ЗЕТ)	Объём работы (в часах)	Всего учебных занятий (в ак. часах)			
			Лекции	Лаб. / практ.	Самостоятельная работа	Контроль
1	2	3	4	5	6	7
Раздел 1. Введение в современную физику космоса, астрономию						
Тема 1.1. Пространственно-временные масштабы в физике космоса и астрономии		3	2		1	
Тема 1.2. Астрономические наблюдения в различных диапазонах.		4	2		2	
Тема 1.3. Излучение, поглощение, распространение ЭМ волн в космической среде.		4	2		2	
Раздел 2. Звезды						
Тема 2.1. Общие характеристики звезд. Диаграмма Герцшпрунга-Рессела.		6	3		3	
Тема 2.2. Стационарные звезды.		4	2		2	
Тема 2.3. Ядерные реакции в звездах		4	2		2	
Тема 2.4. Эволюция звезд.		4	2		2	
Тема 2.5. Сверхновые и их остатки.		4	2		2	
Тема 2.6. Компактные объекты на поздних стадиях эволюции звезд		4	2		2	
Тема 2.7. Двойные звезды.		4	2		2	
Раздел 3. Межзвездная среда						
Тема 3.1. Состав и структура межзвездной среды. Межзвездная пыль. Методы исследования.		7	4		3	
Тема 3.2. Тепловой и ионизационный баланс межзвездного газа. Молекулы.		4	2		2	
Раздел 4. Галактики						
Тема 4.1. Основные характеристики галактик.		6	3		3	
Тема 4.2. Скопления галактик		4	2		2	
Раздел 5. Строение и эволюция Вселенной						
Тема 5.1. Распространенность химических элементов и методы их наблюдения		3	2		1	
Тема 5.2. Реликтовое излучение. LCDM–модель эволюции Вселенной		3	2		1	
Тема 5.3. Крупномасштабная структура Вселенной		4	2		2	
Всего по дисциплине		72	38		34	Кандидатский экзамен

3.2. Содержание разделов и тем

Раздел 1. Введение в современную физику космоса, астрономию

Тема 1.1. Пространственно-временные масштабы в физике космоса и астрономии.

Астрономические расстояния и способы их измерения. Характерные времена. Характерные значения масс. Солнечные единицы. Состояние вещества во Вселенной.

Тема 1.2. Астрономические наблюдения в различных диапазонах.

Основные задачи наблюдательной астрономии. Пропускание ЭМ волн земной атмосферой. Точечные и протяженные источники. Оптические наблюдения. Радиоастрономия. Рентгеновская и гамма-астрономия. Нейтринная астрономия. Гравитационная астрономия.

Тема 1.3. Излучение, поглощение, распространение ЭМ волн в космической среде.

Основные понятия: интенсивность и плотность энергии излучения. Излучение абсолютно черного тела. Перенос излучения в среде и формирование спектра. Образование спектральных линий.

Раздел 2. Звезды

Тема 2.1. Общие характеристики звезд. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

Общие характеристики звезд. Солнце и солнечная система. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела. Образование звезд: гравитационная неустойчивость, влияние вращения, влияние магнитного поля. Планеты и экзопланеты.

Тема 2.2. Стационарные звезды.

Стационарные звезды; гидростатическое равновесие. Теорема вириала для звезды. Тепловая устойчивость звезд, отрицательная теплоемкость.

Тема 2.3. Ядерные реакции в звездах.

Протон-протонный цикл. Солнечные нейтрино. CNO-цикл. Происхождение химических элементов в ходе звездного нуклеосинтеза.

Тема 2.4. Эволюция звезд.

Эволюция звезд разных масс. Влияние на эволюцию химического состава, механизмов переноса энергии в звездах (теплопроводность, конвекция, нейтринный теплоотвод) и эффектов вращения.

Тема 2.5. Сверхновые и их остатки.

Вспышки сверхновых. Сверхновые типов I и II. Гиперновые и гамма-всплески. Остатки сверхновых и их взаимодействие с межзвездной средой.

Тема 2.6. Компактные объекты на поздних стадиях эволюции звезд

Белые карлики. Нейтронные звезды. Пульсары. Черные дыры.

Тема 2.7. Двойные звезды.

Определение масс двойных звезд (кеплеровская задача). Полость Роша и условия перетекания. Стадии эволюции двойных звезд. Релятивистские двойные системы из компактных объектов.

Раздел 3. Межзвездная среда

Тема 3.1. Состав и структура межзвездной среды. Межзвездная пыль. Методы исследования.

Компоненты межзвездной среды и их взаимосвязь. Состав межзвездного газа. Эволюция межзвездного газа. Методы наблюдений.

Тема 3.2. Тепловой и ионизационный баланс межзвездного газа. Молекулы.

Уравнения теплового и ионизационного баланса. Основные атомные процессы, определяющие физические условия в межзвездной среде. Области III. Тепловая неустойчивость межзвездного газа. Взаимодействие космических лучей с межзвездным газом. Межзвездные молекулы. Космические мазеры.

Раздел 4. Галактики

Тема 4.1. Основные характеристики галактик

Основные характеристики и структура галактик. Движение газа и звезд. Кривые вращения галактических дисков. Темное гало. Квазары. Активные ядра галактик и сверхмассивные черные дыры.

Тема 4.2. Скопления галактик.

Основные характеристики скоплений галактик. Газ в скоплениях, рентгеновское излучение. Эффект Сюняева-Зельдовича. Оценка массы богатых скоплений. Особенности эволюции галактик в скоплениях.

Раздел 5. Строение и эволюция Вселенной

Тема 5.1. Распространенность химических элементов и методы их наблюдения.

Распространенность химических элементов и их эволюция с момента первичного нуклеосинтеза до настоящих дней. Наблюдения относительной распространенности гелия-4 в туманностях с низкой металличностью. Наблюдения дейтерия в облаках, находящихся на больших красных смещениях. Наблюдения $Li-7$ в маломассивных звездах, «литиевая» проблема.

Тема 5.2. Реликтовое излучение. Λ CDM–модель эволюции Вселенной

Закон Хаббла расширения Вселенной. Наблюдения реликтового излучения. Определение температуры реликтового излучения и анизотропии температуры. Стандартная Λ CDM–модель расширяющейся Вселенной: средняя плотность, возраст, темная материя и темная энергия. Современные параметры модели.

Тема 5.3. Крупномасштабная структура Вселенной.

Крупномасштабная структура Вселенной и ее эволюция. Иерархия масштабов неоднородности; влияние темной материи и темной энергии.

4. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Технология процесса обучения по дисциплине «Физика космоса, астрономия» включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения);
- самостоятельная работа студентов;
- контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончании;
- кандидатский экзамен по окончании изучения дисциплины.

В учебном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения занятий: дискуссия, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор) и технологии проблемного обучения.

Презентации позволяют качественно иллюстрировать практические занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют чётко структурировать материал занятия.

Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что улучшает восприятие материала.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Физика космоса, астрономия» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Цель контроля – получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

5.1. Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра. Текущий контроль знаний аспирантов организован как выступления на семинарах.

Текущая самостоятельная работа аспиранта направлена на углубление и закрепление знаний и развитие практических умений.

5.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация завершает изучение дисциплины «Физика космоса, астрономия». Форма аттестации – кандидатский экзамен по специальности.

Вопросы для кандидатского экзамена

1. Оптические телескопы: их эффективность, качество изображения, угловое разрешение. Активная и адаптивная оптика.
2. Спектральный анализ излучения; спектрографы; спектральное разрешение.
3. Основы панорамной спектроскопии; спектрометры интегрального поля и интерферометры Фабри-Перо.
4. Шкала звездных величин и показателей цвета. Фотометрические системы. Поляризационные наблюдения.
5. Радиотелескопы – типы антенн (параболические, дипольные, антенные решетки), эффективная площадь антенны, диаграмма направленности.
6. Радиointерферометры. Метод апертурного синтеза. Интерферометрия со сверхдлинными базами.
7. Инфракрасные и ультрафиолетовые космические обсерватории: основные характеристики и задачи.
8. Оптические телескопы: рефлекторы и зеркально-линзовые; механические конструкции; экваториальные и азимутальные установки.
9. Приемники оптического излучения: приборы с зарядовой связью; линейность и зарядовая чувствительность, квантовый выход, особенности регистрации инфракрасного излучения.
10. Рентгеновские и гамма-космические обсерватории: основные характеристики и задачи.
11. Нейтринные обсерватории: основные характеристики и задачи.
12. Гравитационно-волновые обсерватории: основные характеристики и задачи.
13. Солнце как звезда главной последовательности: внутреннее строение, фотосфера,

хромосфера.

14. Солнце: корона, гелиосфера, солнечный ветер.
15. Основные параметры планет солнечной системы (масса, плотность, вращение, атмосферы, магнитные поля) и методы их изучения.
16. Малые тела Солнечной системы; спутники и кольца планет; астероиды и пояса астероидов; кометы, метеориты.
17. Вспышечная активность Солнца; солнечно-земные связи.
18. Нейтринное излучение Солнца; нейтринные осцилляции.
19. Спектральная классификация звезд; классы светимостей звезд; диаграмма Герцшпрунга – Рассела.
20. Методы определения основных параметров звезд – масс, радиусов и температур.
21. Эволюция звезд главной последовательности, а также на стадии гигантов и сверхгигантов.
22. Двойные и кратные звезды; затменные переменные; функция масс и определение масс звезд в двойных системах (кеплеровский анализ).
23. Аккреция на компактные звезды в тесных двойных системах; вспыхивающие и спокойные рентгеновские двойные. Новые звезды.
24. Эволюция компактных объектов в тесных двойных системах с учетом эффектов общей теории относительности. Определение параметров таких систем из наблюдений.
25. Основные представления о переменных и нестационарных звездах; пульсирующие и катаклизмические переменные.
26. Взрывы сверхновых звезд: механизмы взрывов; роль нейтринного излучения.
27. Разлет оболочек при взрывах сверхновых звезд; роль ядерных реакций, кривые блеска; обогащение межзвездной среды тяжелыми элементами.
28. Потеря массы звездами на продвинутых стадиях эволюции; звездный ветер.
29. Основы сейсмологии звезд: Солнце, звезды главной последовательности, красные гиганты, белые карлики.
30. Экзопланеты: классификация, образование, строение.
31. Элементарные процессы излучения и поглощения электромагнитных квантов. Излучение и распространение квантов в тепловой плазме. Космические источники теплового и нетеплового излучения в разных областях спектра.
32. Механизмы переноса энергии в звездном веществе. Уравнения переноса. Локальное термодинамическое равновесие. Эддингтоновский предел светимости звезды.
33. Модели звездных атмосфер: механизмы образования линий поглощения, эквивалентная ширина и профиль линий, механизмы уширения линий, кривая роста, метод

синтетического спектра.

34. Уравнения, описывающие внутреннее строение и эволюцию звезд до превращения в компактные объекты.

35. Основы теории белых карликов, нейтронных звезд и черных дыр. Максимальные и минимальные массы белых карликов и нейтронных звезд.

36. Механизмы излучения космической плазмы: тормозное излучение, синхротронное излучение релятивистских электронов, излучение при рассеянии электронов, рекомбинационное излучение, излучение атомных ядер.

37. Строение Галактики: звезды и газ; спиральная структура; ядро Галактики; центральная черная дыра.

38. Звездные скопления и ассоциации. Интерпретация диаграмм цвет–звездная величина.

39. Звездная кинематика: движение Солнца относительно звезд; вращение Галактики; роль темной материи.

40. Звездная динамика: функция распределения и уравнение Больцмана для звездных систем. Интегралы движения. Теорема вириала и ее применение. Регулярные и случайные силы. Интеграл столкновений и время релаксации.

41. Основы физики межзвездного газа: молекулярные облака, области HI и HII, корональный газ; механизмы излучения газа.

42. Космические мазеры: основные представления о яркостной температуре, механизмах накачки и источниках мазерного излучения.

43. Излучение межзвездного газа. Запрещенные линии. Линия атомарного водорода на длине волны 21 см. Туманности разных типов.

44. Ударные волны в межзвездной среде. Остатки сверхновых и их эволюция. Пульсарный ветер.

45. Гравитационная неустойчивость газовой среды и конденсация газа. Протозвезды и молодые звезды. Околзвездные диски. Области звездообразования.

46. Межзвездная пыль, ее наблюдаемые проявления. Собственное излучение пыли. Межзвездное поглощение.

47. Космические лучи, их проявления, основные источники. Распространение космических лучей в Галактике.

48. Классификация галактик. Структура галактик разных типов.

49. Проблема образования галактик. Свойства молодых галактик (структура, звездообразование, химсостав); космологически удаленные галактики.

50. Размеры, светимость, вращение и масса галактик. Проблема темной материи.

Карликовые галактики.

51. Взаимодействующие галактики. Группы и скопления галактик. Эффект Сюняева-Зельдовича.

52. Межгалактический газ. Лайман-альфа лес.

53. Активные ядра галактик; механизмы проявления активности.

54. Основные представления о космических гамма-всплесках: классификация и возможные объяснения их активности.

55. Шкала расстояний, закон Хаббла.

56. Крупномасштабная структура Вселенной и ее эволюция. Иерархия масштабов неоднородности; влияние темной материи и темной энергии.

57. Стандартная Λ CDM модель расширяющейся Вселенной: средняя плотность, возраст, темная материя и темная энергия.

58. Реликтовое излучение и его происхождение; анизотропия температуры реликтового излучения.

59. Ранние стадии расширения Вселенной. Первичный нуклеосинтез.

60. Основные этапы эволюции Вселенной и способы их изучения.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Основная литература

1. А.В. Засов, К.А. Постнов. Общая астрофизика. Фрязино. 2-е издание, исправленное и дополненное, 2011.

2. Н.Г. Бочкарев. Основы физики межзвездной среды. УРСС, Москва. 2010.

3. Д.С. Горбунов, В.А. Рубаков. Введение в теорию ранней Вселенной. Теория горячего Большого взрыва. Москва, УРСС, 2015.

7.2. Дополнительная литература

1. А.В. Засов, Э.В. Кононович. Астрономия. Физматлит, Москва. 3-е издание, исправленное и дополненное, 2017.

2. Небо и телескоп. Ред. В.Г. Сурдин. Физматлит, Москва. 2009.

3. С. Вайнберг. Космология. Москва, УРСС, 2012.

7.3. Архивы свободного доступа в интернете

Вместо поисков книг или статей в библиотеках и на интернет-сайтах книжных или журнальных издательств можно воспользоваться интернет-архивами свободного доступа. Они не требуют ни регистрации, ни оплаты. Вот несколько примеров.

7.3.1. Википедия – свободная энциклопедия (Wikipedia, сокращенно Wiki)

Если нужно быстро понять суть проблемы, достаточно в поисковой строке любого браузера описать эту проблему и запустить поиск. В ответ будет получен список вариантов.

Те, которые обозначены Wiki, и нужно выбрать. Лучше писать по-английски – статья будет более полной. Проблему можно описывать в произвольной форме. Например, если интересно расширение вселенной, можно набрать «expanding universe» или «expansion of universe» или «universe: expansion». Все равно найдется. Статьи в Wiki достаточно короткие, написаны понятным языком, содержат список дополнительной литературы (с активными интернет-ссылками) и ссылки на другие статьи в Wiki на схожую тему. Потратив немного времени, можно изучить проблему достаточно глубоко. Статьи в Wiki время от времени редактируются, формулировки уточняются, включаются новые результаты.

7.3.2. Архив препринтов (<https://arxiv.org/>)

Этот архив начал создаваться в 1991 году и чрезвычайно популярен. Фактически все интересные и нужные статьи, опубликованные с тех пор в самых разных журналах (в том числе, труднодоступных), помещены в этом архиве в виде препринтов. Теперь можно не просматривать разные журналы по нужной тематике, а достаточно просмотреть препринты по нужной тематике (что намного проще). Раздел физики космоса, астрофизики и астрономии, в основном, собран под рубрикой Physics, Astrophysics (astro-ph). Недостаток архива – отсутствие старых публикаций (до начала 1990-х годов) и отсутствие публикаций на русском языке. Однако многие публикации на русском параллельно публикуются на английском, и они доступны.

7.3.2. Архив Astrophysics Data System (ADS) (<https://ui.adsabs.harvard.edu/>)

А вот это – настоящий клад. Это каталог публикаций (научных статей и монографий) как минимум за 2 последних столетия. Поиск по каталогу прост и позволяет получить все библиографические данные о публикации, а также список интернет-сайтов, где данную публикацию можно найти. Не все эти сайты находятся в свободном доступе. Но те публикации, которые помещены в архиве препринтов, там собраны с активной ссылкой на этот архив. Поэтому архив препринтов фактически включен в ADS. Более того, большое количество статей из разных журналов (включая статьи, опубликованные до начала 1990-х годов и не вошедшие в архив препринтов) отсканированы и представлены в ADS в свободном доступе. Это позволяет легально пользоваться публикациями в журналах, на сайтах которых свободный доступ может отсутствовать. Недостаток архива – отсутствие публикаций на русском языке (хотя те публикации, которые параллельно опубликованы и на английском, там представлены). Поэтому зачастую русскоязычные публикации много проще прочитать в виде перевода на английский.

Отечественные журналы:

1. Астрономический вестник (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7665);
2. Астрономический журнал (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7666);

3. Письма в астрономический журнал (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=79414;
4. Геомагнетизм и аэрномия (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7765;
5. Исследование Земли из космоса (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7842
6. Космические исследования (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7859;
7. Вестник МГУ. Часть 3. Физика, астрономия (<http://vmu.phys.msu.ru/toc/list>;
8. Проблемы передачи информации
(http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=ppi&wshow=details&option_lang=rus;
9. Земля и Вселенная (http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7808;

Отечественные журналы в переводе:

1. Astronomy Reports (<http://link.springer.com/journal/11444>;
2. Astronomy Letters (<http://www.springerlink.com/content/119837/>;
3. Bulletin of the Crimean Astrophysical Observatory
(<http://link.springer.com/journal/11989>;
4. Cosmic Research (<http://link.springer.com/journal/10604>;
(<http://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/agu/journal/10.1002/%28ISSN%292333-5084/>;
6. Geomagnetism and Aeronomy (<http://link.springer.com/journal/11478>;
7. Problems of Information Transmission (<http://link.springer.com/journal/11122>;
8. Solar System Research (<http://link.springer.com/journal/11208>;
9. Radiophysics and Quantum Electronics
(<http://www.springer.com/astronomy/journal/11141>;

Международные журналы:

Gravitation and Cosmology (<http://link.springer.com/journal/12267>;

Иностранные журналы:

1. Astronomy and Astrophysics (<http://www.aanda.org/>;
2. Astronomy and Astrophysics Review (<http://link.springer.com/journal/159>;
3. Astronomy & Geophysics (<http://astrogeo.oxfordjournals.org>;
4. Astroparticle Physics (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09276505/23/1>;
5. Astrophysics (<http://link.springer.com/journal/10511>;
6. Astrophysics and Space Science (<http://link.springer.com/journal/10509>;
7. Classical and Quantum Gravity (<http://iopscience.iop.org/0264-9381/>;
8. Computational Astrophysics and Cosmology (<http://link.springer.com/journal/40668>;
9. Experimental Astronomy (<http://link.springer.com/journal/10686>;
10. Journal of Astrophysics and Astronomy (<http://link.springer.com/journal/12036>;

11. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics (<http://iopscience.iop.org/1475-7516/>;
12. Microgravity Science and Technology (<http://link.springer.com/journal/12217>;
13. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (<http://mnras.oxfordjournals.org/>;
(<http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/%28ISSN%291365-2966>;
14. Monthly Notices Letters of the Royal Astronomical Society
(<http://mnrasl.oxfordjournals.org/>;
15. Nature (<http://www.nature.com/nature/index.html>;
16. Planetary Science (<http://link.springer.com/journal/13535>;
17. Research in Astronomy and Astrophysics (<http://iopscience.iop.org/1674-4527/>;
18. Space Science Reviews (<http://link.springer.com/journal/11214>;
19. Space Weather and Climate;
(<http://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/agu/journal/10.1002/%28ISSN%291542-7390/>;
20. Solar Physics (<http://link.springer.com/journal/11207>;
21. The Astronomical Journal (<http://iopscience.iop.org/1538-3881>;
22. The Astrophysical Journal (<http://iopscience.iop.org/0004-637X/>,
23. The Astrophysical Journal Letters (<http://iopscience.iop.org/2041-8205/>;
24. The Astrophysical Journal. Supplement series (<http://iopscience.iop.org/0067-0049/>;

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные аудитории (3 аудитории), оборудованы:

- Столы;
- Стулья;
- Доски магнитно – маркерные;
- Экраны для презентаций;
- Мультимедийные проекторы;
- Персональный компьютер;
- Экран для презентаций

Программа разработана:

главный научный сотрудник-заведующий
сектором теоретической физики,
д-р физ.-мат. наук, Яковлев Д.Г.