



## Введение

Программа разработана в соответствии с номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утвержденной приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 24 февраля 2021 г. № 118, и с паспортами научной специальности 1.3.1. «Физика космоса, астрономия» (отрасли науки, по которым присуждаются ученые степени – физико-математические, технические).

### 1. Основная программа

#### 1.1. Приборы и методы астрофизики

1.1.1. Оптические телескопы. Эффективность телескопов, связь с качеством изображения. Методы достижения высокого углового разрешения. Активная и адаптивная оптика.

1.1.2. Принципы спектрального анализа. Спектрографы. Спектральное разрешение и факторы, его определяющие.

1.1.3. Солнечные телескопы: целостат, коронограф. Принципы измерения магнитных полей на Солнце.

1.1.4. Приемники оптического излучения. Фотоэлектрический умножитель. Приборы с зарядовой связью. Понятие квантового выхода. Особенности регистрации инфракрасного излучения.

1.1.5. Шкала звездных величин и показателей цвета. Фотометрические системы. Современные методы фотоэлектрической фотометрии. Поляризационные наблюдения.

1.1.6. Радиотелескопы, принцип работы. Различные типы антенн (параболические, дипольные, антенные решетки). Эффективная площадь антенны. Размер и форма диаграммы направленности.

1.1.7. Радиометры. Антенная температура, шумовая температура, полоса пропускания, чувствительность.

1.1.8. Принципы интерферометрии. Радиоинтерферометры. Метод апертурного синтеза. Радиотелескопы с незаполненной апертурой. Интерферометрия со сверхдлинными базами. Угловое разрешение интерферометров.

1.1.9. Внеатмосферные наблюдения, решаемые задачи. Инфракрасные, ультрафиолетовые, рентгеновские и гамма-обсерватории.

1.1.10. Оптические телескопы. Оптические схемы рефлекторов и зеркально-линзовых телескопов. Механические конструкции телескопов. Экваториальные и азимутальные установки.

1.1.11. Аберрации оптических систем, способы их уменьшения. Влияние атмосферы на изображение точечного объекта. Методы повышения качества изображения. Активная и адаптивная оптика.

1.1.12. Принципы спектрального анализа. Спектральное разрешение и его зависимость от параметров спектрографа и диспергирующего элемента.

1.1.13. Классический дифракционный спектрограф. Эшелле-спектрограф. Получение спектра с использованием интерферометра Фабри-Перо.

1.1.14. Приемники оптического излучения. Фотоэлектрический умножитель. Приборы с зарядовой связью. Линейность, спектральная чувствительность.

1.1.15. Отношение сигнал/шум, понятие квантового выхода. Основные источники шумов приемника и методы их уменьшения.

1.1.16. Шкала звездных величин и показателей цвета. Фотометрические системы. Современные методы фотоэлектрической фотометрии. Фотоэлектрический фотометр.

1.1.17. Антенны радиотелескопов. Облучатели. Требования, предъявляемые к механическим конструкциям антенн. Ближняя и дальняя зоны антенн. Шумовая

температура и эффективная площадь антенны. Размер и форма диаграммы направленности.

1.1.18. Радиометры. Антенная температура, шумовая температура, полоса пропускания, чувствительность. Акусто-оптические спектрометры.

1.1.19. Принципы интерферометрии. Радиointерферометры. Метод апертурного синтеза. Радиотелескопы с незаполненной апертурой. Интерферометрия со сверхдлинными базами. Угловое разрешение интерферометров.

1.1.20. Абсолютное и относительное измерение потоков радиоизлучения, точность измерений. Оценка линейной и круговой поляризации радиоизлучения.

1.1.21. Внеатмосферные наблюдения, решаемые задачи. Приемники излучения, используемые для далекой инфракрасной и ультрафиолетовой области, рентгеновской и гамма-областях. Инфракрасные, ультрафиолетовые, рентгеновские и гамма-обсерватории.

## **1.2. Солнце и солнечная система**

1.2.1. Основные характеристики Солнца как звезды. Внутреннее строение. Фотосфера. Хромосфера. Корона. Солнечный ветер.

1.2.2. Активные образования на Солнце, связь с магнитными полями. Солнечные вспышки и сопровождающие их явления. Рентгеновское излучение Солнца. Спокойное и спорадическое радиоизлучение. Представление о гелиосейсмологии.

1.2.3. Основные характеристики планет (масса, плотность, характер вращения, свойства атмосферы, магнитные поля, условия на поверхности). Наземные и космические методы исследования тел солнечной системы.

1.2.4. Малые тела Солнечной системы. Спутники и кольца планет. Астероиды и пояса астероидов. Кометы.

1.2.5. Физическое состояние межпланетной среды. Метеорное вещество.

1.2.6. Радиоизлучение планет. Радиолокационные методы исследования планет и малых тел солнечной системы.

## **1.3. Звезды**

1.3.1. Спектральная классификация звезд, ее физическая интерпретация.

1.3.2. Светимости, эффективные температуры и показатели цвета звезд. Прямые и косвенные методы определения из наблюдений размеров и масс звезд.

1.3.3. Источники энергии на различных стадиях эволюции звезд. Эволюционные треки звезд различной массы на диаграмме Герцшпрунга-Рессела (диаграмме цвет-светимость). Конечные стадии звездной эволюции. Вырожденные звезды (белые карлики), нейтронные звезды, черные дыры, их физические свойства и наблюдаемые проявления. Радиопульсары.

1.3.4. Двойные и кратные звезды. Затменно-переменные. Функция масс и оценка масс компонент в двойных системах.

1.3.5. Тесные двойные системы и особенности их эволюции. Аккреция на компактные звезды. Рентгеновские источники в двойных системах. Новые звезды. Барстеры.

1.3.6. Переменные и нестационарные звезды. Пульсирующие переменные (цефеиды, долгопериодические переменные, переменные типа RR Лиры). Звезды с оболочками (Be, WR). Звезды типа Т Тельца. Объекты Ae/Be Хербига. Катаклизмические переменные.

1.3.7. Сверхновые звезды, типы сверхновых, наблюдаемые особенности. Процессы, приводящие к взрыву. Роль сверхновых в обогащении межзвездной среды тяжелыми элементами.

## **1.4. Основы теоретической астрофизики**

1.4.1. Элементарные процессы излучения и поглощения электромагнитных квантов. Излучение и распространение радиоволн в тепловой плазме. Космические источники теплового и не-теплового излучения в различных областях спектра.

- 1.4.2. Механизмы переноса энергии. Уравнение переноса. Локальное термодинамическое равновесие. Эддингтоновский предел светимости.
- 1.4.3. Источники поглощения в континууме в атмосферах звезд и форма непрерывных спектров для звезд различных классов.
- 1.4.4. Модели звездных атмосфер. Механизмы образования линий поглощения. Понятие эквивалентной ширины линий. Профили линий, механизмы уширения линий. Кривая роста. Химический состав звездных атмосфер.
- 1.4.5. Уравнения, описывающие внутреннее строение звезд. Строение звезд различных спектральных классов. Уравнение состояния вырожденного газа. Предельная масса белых карликов и нейтронных звезд.
- 1.4.6. Теория космического радиоизлучения. Тормозное излучение плазмы. Магнитотормозное излучение. Синхротронное излучение релятивистских электронов. Время высвечивания. Обратный комптон-эффект.

## **1.5. Галактика**

- 1.5.1. Строение Галактики. Звездные населения и подсистемы. Спиральная структура Галактики, наблюдаемые проявления. Ядро Галактики.
- 1.5.2. Звездные скопления и ассоциации. Интерпретация диаграмм «цвет-звездная величина».
- 1.5.3. Звездная кинематика. Движение Солнца относительно звезд. Вращение Галактики. Связь кинематических свойств с пространственным распределением объектов.
- 1.5.4. Звездная динамика. Фазовая плотность и уравнение Больцмана для звездных систем. Интегралы движения. Теорема вириала и ее применение. Регулярные и иррегулярные силы. Время релаксации. Интеграл столкновений.
- 1.5.5. Гравитационная устойчивость тонкого вращающегося диска. Дисперсионное уравнение. Спиральные ветви, представление о волнах плотности.
- 1.5.6. Физическое состояние межзвездного газа. Молекулярные облака, области HI и HII корональный газ, мазерные конденсации. Механизмы излучения газа в различных состояниях.
- 1.5.7. Оптическое излучение межзвездного газа. Запрещенные линии. Газовые туманности различных типов. Радиопериоды. Мазерные источники.
- 1.5.8. Ударные волны в межзвездной среде. Остатки Сверхновых и их эволюция.
- 1.5.9. Гравитационная неустойчивость газовой среды и конденсация газа. Протозвезды и молодые звезды. Околзвездные диски. Области звездообразования.
- 1.5.10. Межзвездная пыль, наблюдаемые проявления. Собственное излучение пыли. Межзвездное поглощение и его учет.
- 1.5.11. Межзвездные магнитные поля, наблюдаемые проявления. Понятие вмороженности поля. Космические лучи, их проявления, основные источники. Распространение космических лучей в магнитном поле Галактики.

## **1.6. Внегалактическая астрономия и элементы космологии**

- 1.6.1. Классификация галактик. Особенности структуры галактик разных морфологических типов. Содержание газа и звездообразование в галактиках.
- 1.6.2. Размеры, светимость, скорость вращения и масса галактик, принципы их оценок. Проблема существования темного гало. Карликовые галактики, наблюдаемые особенности.
- 1.6.3. Группы и скопления галактик. Взаимодействующие галактики. Межгалактический газ в системах галактик.
- 1.6.4. Галактики с активными ядрами. Квазары. Представление о механизмах активности.
- 1.6.5. Радиоизлучение галактик и их ядер. Радиогалактики: мощность радиоизлучения, радиоструктура. Радиоджеты.
- 1.6.6. Шкала расстояний, закон Хаббла. Крупномасштабное распределение галактик.

- 1.6.7. Фридмановские модели расширяющейся Вселенной, понятие критической плотности и космологической постоянной. Постоянная Хаббла и «возраст» Вселенной.
- 1.6.8. Реликтовое излучение, его происхождение. Флуктуации яркости. Ранние стадии расширения Вселенной. Первичный нуклеосинтез.
- 1.6.9. Проблема образования галактик. Ожидаемые свойства молодых галактик. Галактики на больших красных смещениях.

### Примечание

Для соискателей ученой степени кандидата физико-математических наук – разделы 1.1 (1-10 вопросы), 1.2 – 1.6;

Для соискателей ученой степени кандидата технических наук – разделы 1.1 (11-21 вопросы), 1.2, 1.3, 1.5 (1-3 и 11 вопросы), 1.6.

### Основная литература

1. Алтынцев А.Т. Введение в радиоастрономию Солнца / А.Т. Алтынцев, Л.К. Кашапова. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2014.
2. Верховданов О.В. Радиогалактики и космология / О.В. Верховданов, Ю.Н. Парийский. – М.: Физматлит, 2009.
3. Галактики / под ред. В.Г. Сурдина. – М.: Физматлит, 2013.
4. Гоффмейстер К. Переменные звезды / К. Гоффмейстер, Г. Рихтер, В. Венцель. – М.: Наука, 1990.
5. Грей Д. Наблюдения и анализ звездных фотосфер / Д. Грей. – М.: Мир, 1980.
6. Есепкина Н.А. Радиотелескопы и радиометры / Н.А. Есепкина, Д.В. Корольков, Ю.Н. Парийский. – М.: Наука, 1973.
7. Звезды / под ред. В.Г. Сурдина изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Физматлит, 2009.
8. Зельдович Я.Б. Строение и эволюция Вселенной / Я.Б. Зельдович, И.Д. Новиков. – М.: 1975.
9. Кононович Э.В. Общий курс астрономии / Э.В. Кононович, В.И. Мороз. – 8-е изд., М.: URSS. 2022. 544 с.
10. Краус Дж. Радиоастрономия / Дж. Краус. – М.: Сов.Радио, 1972.
11. Куликовский П.Г. Звездная астрономия / П.Г. Куликовский. – М.: Наука, 1985.
12. Липунов В.М. Астрофизика нейтронных звезд / В.М. Липунов. – М.: Наука, 1987.
13. Марочник Л.И. Галактика / Л.И. Марочник, А.А. Сучков. – М.: Наука, 1986.
14. Мартынов Д.Я. Курс общей астрофизики / Д.Я. Мартынов. – М.: Наука, 1988.
15. Мартынов Д.Я. Курс практической астрофизики / Д.Я. Мартынов. – М.: Наука, 1977.
16. Рuzмайкин А.А. Магнитные поля галактик / А.А. Рuzмайкин, Д.Д. Соколов, А.М. Шукуров. – М.: Наука, 1988.
17. Соболев В.В. Курс теоретической астрофизики / В.В. Соболев. – М.: Наука, 1985.
18. Сурдин В.Г. Большая энциклопедия астрономии: более 2500 астрономических терминов / В.Г. Сурдин. – М.: Эксмо, 2012.
19. Уилсон Т. Инструменты и методы радиоастрономии / Т. Уилсон, К. Рольфс, С. Хюттемейстер. – перевод с англ. под ред. С.А. Трушкина (при участии Верховданова О.В.), 5-е издание. – М.: Физматлит, 2012, 567с.
20. Уокер Г. Астрономические наблюдения / Г. Уокер. – М.: Мир, 1990.
21. Физика космоса: маленькая энциклопедия / Редкол.: Р.А. Сюняев (Гл. ред.) и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Сов. энциклопедия, 1986 – 783 с, ил.
22. Хокинг С. Три книги о пространстве и времени. / С. Хокинг. – пер. с англ. – М.: Амфора, 2011, 502 с.
23. Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум / И.С. Шкловский. – 6-е изд., М.: Наука. 1987. – 320 с.
24. Щеглов П.В. Проблемы оптической астрономии / П.В. Щеглов. – М.: Наука, 1986.

### Дополнительная литература

25. Воронцов-Вельяминов Б.А. Внегалактическая астрономия / Б.А. Воронцов-Вельяминов. – М.: Наука, 1978.
26. Горбунов Д.С. Введение в теорию ранней Вселенной. Космологические возмущения. Инфляционная теория / Д.С. Горбунов, В.А. Рубаков. – М.: КРАСАНД, 2010, 568 с.
27. Горбунов Д.С. Введение в теорию ранней Вселенной: Теория горячего Большого взрыва. Изд.3, перераб. И значит. Доп. / Д.С. Горбунов, В.А. Рубаков. – М.: URSS, 2016. 616 с. ISBN 978-5-9710-1679-3.
28. Долгов А.Д. Космология ранней Вселенной / А.Д. Долгов, Я.Б. Зельдович, М.В. Сажин. – М.: изд-во МГУ, 1988.
29. Каплан С.А. Физика межзвездной среды / С.А. Каплан, С.Б. Пикельнер. – М.: Наука, 1979.
30. Караченцев И.Д. Двойные галактики / И.Д. Караченцев. – М.: Наука, 1987.
31. Лонгейр М. Астрофизика высоких энергий / М. Лонгейр. – М.: Мир, 1984.
32. Манчестер Р. Пульсары / Р. Манчестер, Дж. Тейлор. – М.: Мир, 1980.
33. Михалас Д. Звездные атмосферы / Д. Михалас. – М.: Мир, 1982.
34. Москаленко Е.И. Методы внеатмосферной астрономии / Е.И. Москаленко. – М.: Наука, 1984.
35. Пахольчик А. Радиогалактики / А. Пахольчик. – М.: Мир, 1980.
36. Присли Е. Солнечная магнитодинамика / Е. Присли. – М.: Наука, 1981.
37. Рольфе К. Лекции по теории волн плотности / К. Рольфе. – М.: Мир, 1980.
38. Саслау Ч. Гравитационная физика звездных и галактических систем / Ч. Саслау. – М.: 1989.
39. Сим Э. Детекторы слабого излучения в астрономии / Э. Сим, К. Триттон. – М.: Мир, 1986.
40. Спитцер Л. Физические процессы в межзвездной среде / Л. Спитцер. – М.: Мир, 1981.
41. Физика космоса./ Ред. Р.А. Сюняев и др. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Сов. энциклопедия, 1986, 783 с.
42. Христиансен У. Радиотелескопы / У. Христиансен, И. Хегбом. – М.: Мир, 1988.
43. Шапиро С.А. Черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды / С.А. Шапиро, С.А. Тьюколски. – М.: Мир, 1985.
44. Ягер К.де. Звезды наибольшей светимости/ К.де Ягер. – М.: Мир, 1984.

## 2. Дополнительная программа

### 2.1. Приборы и методы наблюдательной астрофизики и радиоастрономии

- 2.1.1. Современные спектрографы высокого и низкого спектрального разрешения.
- 2.1.2. Спектрометры Фабри-Перо.
- 2.1.3. Спектрометры с преобразованием Фурье.
- 2.1.4. Методы интегральной полевой спектроскопии в видимом и ИК-диапазонах.
- 2.1.5. Системы счета фотонов и твердотельные приемники.
- 2.1.6. Методы измерения параметров Стокса в звездообразных и протяженных объектах.
- 2.1.7. Новые инструменты в радиоастрономии: LOFAR, ALMA, GRMT, RADIOASTRON, SKA и др.
- 2.1.8. Приборы и методы измерений в космических экспериментах WMAP и PLANCK.
- 2.1.9. Каталоги, атласы, базы данных.
- 2.1.10. Объект и изображение. Антенна как фильтр пространственных частот. Синтез уплощности.
- 2.1.11. Типы радиотелескопов и их характеристики. Радиотелескопы с заполненной апертурой. Радиотелескопы с незаполненной апертурой. Радиоинтерферометры со сверхбольшими базами. Глобальный радиотелескоп.
- 2.1.12. Поляризационные характеристики антенн радиотелескопов.
- 2.1.13. Настройка радиотелескопов и измерение их параметров.
- 2.1.14. Сравнение систем радиотелескопов. Радиотелескопы и информация.
- 2.1.15. Шумовая температура системы радиотелескоп - радиометр и оценки предельных параметров радиометров.
- 2.1.16. Расчет флуктуационной чувствительности основных схем радиометров. Флуктуационная чувствительность радиометров с учетом особенностей приемных устройств.
- 2.1.17. Ограничение чувствительности радиометров нестабильностью коэффициента усиления приемника.
- 2.1.18. Измерение основных характеристик радиометров.
- 2.1.19. Малошумящие усилители и примеры современных радиометров.
- 2.1.20. Влияние турбулентности атмосферы и дискретности метagalактического фона на чувствительность радиотелескопов.

### 2.2. Инструменты и методы радиоастрономических наблюдений Солнца

- 2.2.1. Рефлекторные антенны, используемые для солнечных наблюдений (РАТАН-600 и др.).
- 2.2.2. Многоэлементные решетки (Nobeyama, CCPT, Nancau).
- 2.2.3. Системы апертурного синтеза (WSRT, VLA и др.).
- 2.2.4. Методы построения изображений в радиоастрономии.
- 2.2.5. Особенности приемной аппаратуры для наблюдений Солнца.
- 2.2.6. Особенности приемной аппаратуры и методика для наблюдений Солнца на РАТАН-600. Обработка наблюдательных данных.

### 2.3. Химически пекулярные звезды

- 2.3.1. Химически пекулярные звезды: распространенность, эволюционный статус, химическая неоднородность поверхности.
- 2.3.2. Магнитные поля химически- пекулярных звезд: результаты наблюдений, моделирование, эволюция поля.
- 2.3.3. Магнитные поля в космосе.

## **2.4. Звезды предельной светимости**

2.4.1. Звезды предельной светимости. Верхняя граница диаграммы Герцшпрунга-Рессела. Основные типы звезд предельной светимости: сверхновые, Of, WR, PCyg, гипергиганты, Oe и Ve-звезды, звезды на стадии post-AGB.

2.4.2. Основные характеристики звезд предельной светимости: массы, спектральные особенности, скорости осевого вращения, турбулентность в атмосферах.

2.4.3. Эволюция одиночных массивных звезд, характеристики процесса потери массы, особенности химического состава как проявление звездной эволюции.

2.4.4. Эволюция одиночных звезд промежуточных масс, звездный ветер, пульсации (радиальные и нерадиальные), особенности химического состава как проявление звездной эволюции.

2.4.5. Оболочки, хромосферы, короны звезд высокой светимости.

2.4.6. Звезды предельной светимости в других галактиках. Шкала расстояний.

## **2.5. Звездные объекты в ИК- и радио-диапазонах**

2.5.1. Фотометрические и спектральные методы наблюдений звезд в ИК-диапазоне. Расположение звезд различных типов на диаграмме ИК-цветов (прото-звезды, звезды Ae-Be Хербига, T Tau, lambda Bootis, Ve, WR, LBV, AGB, post-AGB). Особенности ИК-спектров звезд различных типов.

2.5.2. Околзвездные оболочки звезд на различных эволюционных стадиях: геометрия, химический состав, динамика. Исследование околзвездных оболочек с высоким пространственным разрешением.

2.5.3. Мазерное излучение звезд: методы и основные результаты наблюдений.

2.5.4. Радиозвезды. Звездные ветры. Вспыхивающие и активные двойные систем. Тепловое и нетепловое радиоизлучение звезд. Радиоизлучение рентгеновских двойных звезд -микроквazarов. Релятивистские эффекты в радиоизлучении струйных выбросов микроквazarов.

## **2.6. Внегалактическая астрономия и основы космологии**

2.6.1. Методы определения расстояний до галактик

2.6.2. Структурные классификации Хаббла, Вокулера, ван ден Берга.

2.6.3. Основные обзоры, каталоги и атласы галактик.

2.6.4. Интегральные параметры галактик, функции светимостей и диаметров.

2.6.5. Звездные подсистемы в галактиках, законы распределения яркости, кинематические параметры подсистем.

2.6.6. Вращение галактик по оптическим и радиоданным. Методы определения массы. Динамические модели.

2.6.7. Газовая и пылевая составляющие: физические условия в межзвездной среде.

2.6.8. Спиральная структура, форма и население рукавов, теории происхождения спирального узора.

2.6.9. Ядра галактик, их наблюдаемые параметры и активность.

2.6.10. Радиогалактики и квазары. Инфракрасные свойства галактик.

2.6.11. Пекулярные галактики, объекты Сейферта, Маркаряна, Цвикки. Природа активности.

2.6.12. Местная группа галактик, структура и население ближайших объектов.

2.6.13. Группы и скопления галактик, методы выделения пар, групп и скоплений. строение и динамика систем, проблема скрытой массы.

2.6.14. Корреляционная функция галактик, приемы кластерного анализа.

2.6.15. Особенности крупномасштабной структуры Вселенной, нехаббловские движения, строение и кинематика Местного сверхскопления.

2.6.16. Оптические и радиосвойства квазаров. Объекты с большими красными смещениями и условия в межгалактической среде.



- 2.6.17. Внегалактические рентгеновские источники. Горячий газ в скоплениях.
- 2.6.18. Космологические уравнения Фридмана. Связь между основными наблюдательными величинами. Реликтовое излучение. Фоновые излучения Метагалактики в различных диапазонах.
- 2.6.19. Теория горячей Вселенной. Этапы эволюции Вселенной. Эволюция возмущений и флуктуации реликта. Модели происхождения галактик и их систем.
- 2.6.20. Эффекты гравитационного линзирования. Слабое гравлинзирование и оценка массы скоплений галактик.

## 2.7. Физика Солнца

- 2.7.1. Структура солнечной атмосферы: фотосфера, пятна, флоккулы, волокна, грануляция, хромосфера, супергрануляция, корона, активные области, корональные дыры, протуберанцы, корональные выбросы масс. Солнечный ветер. Радиоизлучение спокойного Солнца.
- 2.7.2. Механизмы солнечного радиоизлучения. Параметры плазмы солнечной атмосферы и МГД-волны в ней. Магнитные поля на Солнце. Циклотронный мазер. Перенос поляризованного радиоизлучения в плазме и рассеяние радиоволн в короне. Спорадическое излучение Солнца: вспышки и радиовсплески. Стандартные модели солнечной атмосферы и нагрева короны.
- 2.7.3. Методы исследования Солнца и его атмосферы от рентгена до радиодиапазона. Гелиографы, спектрографы, магнитографы. Современные космические и наземные солнечные обсерватории.

## Рекомендуемая литература

1. Bogod V.M. On Magnetic Fields of Active Regions at Coronal Heights / V.M. Bogod, A.G. Stupishin, L.V. Yasnov // *Solar Phys.* – 2012. – 61. – 276.
2. Galactic and Extragalactic radio astronomy / Eds. Gerrit L. Verschuur, Kenneth I. Kellermann // Springer New York – 1988.
3. ISO's view on stellar evolution // *Astrophys. Space Sci.*, v.255, 1997/1998.
4. Kwok S. Proto-planetary nebulae/ S. Kwok // *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* – vol.31. – p.63.
5. Mediavilla E. et al. 3D Spectroscopy in Astronomy. – Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2011.
6. Proceedings of Nobeyama Symposium, Solar physics with radio observations / ed. by T.Bastian, N.Gopalswamy and K.Shibasaki – NBO Report 479, December 1999.
7. Struck C. Galaxy collisions/ C. Struck // *Physics Reports.* – Vol. 321. – No. 1-3. – p. 1 – 137.
8. Trippe S. Polarization and polarimetry: a review / S. Trippe // *Journal of the Korean Astronomical Society.* –2014 – v.47 – pp. 15-39.
9. van der Veen W.E.C.J. The IRAS two-colour diagram as a tool for studying late stages of stellar evolution / W.E.C.J. van der Veen, H.J. Habing // *Astron. Astrophys.* – 1988. – vol.194. – p.125.
10. Алтынцев А.Т. Введение в радиоастрономию Солнца / А.Т. Алтынцев, Л.К. Кашапова. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2014.
11. Барышев Ю.В. Фрактальная структура Вселенной. Очерк развития космологии / Ю.В. Барышев, П. Теерикорпи. – Нижний Архыз: САО РАН, 2005.
12. Белл Р.Дж. Введение в Фурье-спектроскопию / Р.Дж. Белл. – М.: Мир, 1975.
13. Верходанов О.В. Радиогалактики и космология / О.В. Верходанов, Ю.Н. Парийский. – М.: Физматлит, 2009.
14. Галактики / Сб. под ред. В.Г. Сурдина – М.: Физматлит, 2013.
15. Горбацкий В.Г. Введение в физику галактик и скоплений галактик / В.Г. Горбацкий. – М.: Физматгиз, 1986, 256 с.

16. Горбунов Д.С. Введение в теорию ранней Вселенной. Космологические возмущения. Инфляционная теория / Д.С. Горбунов, В.А. Рубаков. – М.: КРАСАНД, 2010, 568 с.
17. Горбунов Д.С. Введение в теорию ранней Вселенной: Теория горячего Большого взрыва / Д.С. Горбунов, В.А. Рубаков. – М.: ЛКИ, 2008, 552с.
18. Грей Д. Наблюдения и анализ звездных фотосфер / Д. Грей. – М.: Мир, 1980.
19. Есепкина Н.А. Радиотелескопы и радиометры / Н.А. Есепкина, Д.В. Корольков, Ю.Н. Парийский. – М.: Наука, 1973.
20. Железняков В.В. Излучение в астрофизической плазме, гл. 4,5,6,7./ В.В. Железняков – М.: Наука, 1997.
21. Зайдель А.Н. Техника и практика спектроскопии / А.Н. Зайдель, Г.В. Островская, Ю.И. Островский. – М.: Наука, 1972.
22. Засов А.В. Общая астрофизика / А.В. Засов, К.А. Постнов. – Фрязино: 2006, 496 с.
23. Звезды. Сборник / Ред.-сост. В.Г. Сурдин изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Физматлит, 2009.
24. Зельдович Я.Б. Строение и эволюция Вселенной / Я.Б. Зельдович, И.Д. Новиков. – М.: 1975.
25. Итоги науки и техники, т.31, (обзоры Зельдовича, Струкова, Парийского) – М.: ВИНТИ, 1986.
26. Итоги науки и техники. т.18, (обзоры Засова, Аракеяна) – М.: ВИНТИ, 1981.
27. Каплан С.А. Плазменная астрофизика, гл. 2. / С.А. Каплан, В.Н. Цытович – М.: Наука, 1972.
28. Караченцев И.Д. Двойные галактики / И.Д. Караченцев. – М.: Наука, 1987.
29. Ключкова В.Г. Исследование физики и эволюции звезд на 6-м телескопе БТА / В.Г. Ключкова // Астрофизический бюллетень. – 2012. – Т.67, №4. – с.399-428.
30. Конникова В.К. Практическая радиоастрономия / В.К. Конникова, Е.Е. Лехт, Н.А. Силантьев. – М.: Изд-во МГУ, 2011, 340с.
31. Космические мазеры / Сб. под ред. В.И. Слыша. – М.: Мир, 1973.
32. Крупномасштабная структура Вселенной /Ред. М. Лонгейр, Я. Эйнасто. – М.: Мир, 1981.
33. Крюгер А. Солнечная радиоастрономия и радиофизика / А. Крюгер. – М.: Мир, 1984.
34. Лукаш В.Н. Физическая космология / В.Н. Лукаш, Е.В. Михеева. – М.: Физматлит, 2010. 404 с.
35. Масевич А.Г. Эволюция звезд: теория и наблюдения / А.Г. Масевич, А.В. Тутуков. – М.: Наука, 1988.
36. Насельский П.Д. Наблюдательные основы современной космологии / П.Д. Насельский, Д.И. Новиков, И.Д. Новиков. – М.: Наука, 2003, 390 с.
37. Пибблс Дж. Структура Вселенной в больших масштабах, пер. с англ. / Дж. Пибблс – М.: Мир, 1983.
38. Прист Э.Р. Солнечная магнитогидродинамика, пер. с англ. Гл. 7,8,9,10. / Э.Р. Прист – М.: Мир, 1985.
39. Происхождение и эволюция галактик и звезд / Ред. С.Б. Пикельнер. – М.: Наука. 1976.
40. Розенберг Г.В. Вектор-параметр Стокса (Матричные методы учета поляризации излучения в приближении лучевой оптики) / Г.В. Розенберг. // УФН. – 1955 –т.LVI. – вып. 1. – с.77–110.
41. Романюк И.И. Магнитные CP-звезды Главной последовательности II. Физические параметры и химический состав атмосфер / И.И. Романюк. // Астрофизический бюллетень. – 2007 – Т.62, №1. – с.72-101.
42. Романюк И.И. Магнитные CP-звезды Главной последовательности III. Результаты измерений магнитных полей / И.И. Романюк. // Астрофизический бюллетень – 2010 – Т.65, №4. – с.368-402.
43. Романюк И.И. Магнитные CP-звезды главной последовательности. I. Методы диагностики магнитных полей. / И.И. Романюк. // Астрофизический бюллетень – 2005 – Т.58. – с.64-69.

44. Романюк И.И. Магнитные поля химически пекулярных звезд. II: Магнитные поля и вращение звезд с сильными и слабыми аномалиями в распределении энергии в континууме / И.И. Романюк, Д.О. Кудрявцев, Е.А. Семенко. // *Астрофизический бюллетень*. – 2009 –Т.64, №3. – с.247-271.
45. Романюк И.И., Семенко Е.А., Кудрявцев Д.О. Результаты измерений магнитных полей СР-звезд, выполненных на 6-м телескопе. I. Наблюдения 2007 года / И.И. Романюк, Е.А. Семенко, Д.О. Кудрявцев. // *Астрофизический бюллетень* – 2014 – Т.69, №4. – с.451–463.
46. Рудницкий Г.М. Конспект лекций по курсу «Радиоастрономия» / Г.М. Рудницкий. – Нижний Архыз: Изд. CYGNUS, 2001, 208с.
47. Сомов Б.В. Космическая электродинамика и физика Солнца / Б.В. Сомов. – М.: Изд-во МГУ, 1993, 287с.
48. Специальная Астрофизическая Обсерватория РАН: 40 лет: Юбилейный сб./ Отв. ред. Ю.Ю. Балега. – Нижний Архыз: САО РАН, 2006.
49. Томпсон Р. Интерферометрия и синтез в радиоастрономии / Р. Томпсон, Дж. Моран, Дж. Свенсон. – М.: Мир, 1989.
50. Трушкин С.А. Наблюдения и теория радиоизлучения звезд, Лекции для студентов-практикантов / Трушкин С.А. – Нижний Архыз: САО, 2001.
51. Уилсон Т. Инструменты и методы радиоастрономии, перевод с англ. под ред. С.А. Трушкина (при участии О.В. Верходанова), 5-е издание. / Т. Уилсон, К. Рольфс, С. Хюттемейстер. – М.: Физматлит, 2012, 567с.
52. Уокер Г. Астрономические наблюдения / Г. Уокер. – М.: Мир, 1990.
53. Физика космоса./ Ред. Р.А. Сюняев и др. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Сов. энциклопедия, 1986, 783 с.
54. Шаров А.С. Туманность Андромеды / А.С. Шаров. – М.: Наука, 1982.
55. Шерклифф У. Поляризованный свет / У. Шерклифф. – М.: Мир, 1965, 274 с.
56. Ягер К.де. Звезды наибольшей светимости / К.де. Ягер. – М.: Мир, 1984.
57. Ядерная астрофизика. / Ред. Ч. Барнс, Д. Клейтон, Д. Шрамм. – М.: Мир, 1986.