

УДК 52  
ББК 22.6  
М73

М73 Многоканальная астрономия / Ред.-сост. А. М. Черепашук. — Эл. изд. — 1 файл pdf : 546 с. — Москва : ДМК Пресс, 2022. — Систем. требования: Adobe Reader XI либо Adobe Digital Editions 4.5 ; экран 10". — Текст : электронный.

ISBN 978-5-89818-228-1

Прогресс в области астрономических исследований тесно связан с развитием новых методов наблюдений небесных тел.

В первой части книги изложены методы исследования Вселенной в различных каналах: электромагнитном (от радио до гамма диапазона), нейтринном, канале космических лучей, гравитационно-волновом канале. Во второй — кратко описаны новейшие достижения астрономии и астрофизики, которых удалось достичь, благодаря всеволновому и многоканальному характеру современной астрономии.

Книга представляет собой совместный труд более двадцати ведущих ученых, работающих в различных областях астрономии и астрофизики.

Насколько нам известно, это первая книга в нашей стране о современной многоканальной астрономии и её методах и, по-видимому одна из первых в мире. Отличное дополнение к популярной книге «Астрономия: век XX».

УДК 52  
ББК 22.6

**Электронное издание на основе печатного издания:** Многоканальная астрономия / Ред.-сост. А. М. Черепашук. — Москва : ДМК Пресс, 2022. — 528 с. : ил. — ISBN 978-5-89818-128-4. — Текст : непосредственный.

На 1-й стороне обложки — Запущенная в 2019 году орбитальная обсерватория «Спектр-РГ», Туманность «Кошачий глаз» — телескоп им. Хаббла (NASA), Монтаж — ИКИ/МРЕ/НПО им. Г. А. Лавочкина

На 4-й стороне обложки — Космический телескоп имени Джеймса Уэбба — орбитальная инфракрасная обсерватория, которая заменит космический телескоп «Хаббл» (NASA).

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации.

ISBN 978-5-89818-228-1

© Состав, оформление. Век 2, 2019  
© Переиздание. ДМК Пресс, 2022

## Оглавление

Предисловие редактора . . . . .	5
<b>ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>Оптический диапазон (А.А. Белинский, С.А. Потанин) . . . . .</b>	<b>9</b>
Введение. . . . .	9
История оптического телескопостроения. . . . .	10
Приемники оптического излучения . . . . .	15
Методы исследования в оптическом диапазоне . . . . .	18
Методы наземных наблюдений в оптическом диапазоне с высоким угловым разрешением . . . . .	23
Современные крупные оптические телескопы . . . . .	27
Обзорные телескопы. . . . .	32
Роботизированные телескопы . . . . .	34
Проекты наземных оптических телескопов, вводимых в строй в ближайшем будущем . . . . .	35
Космические оптические телескопы . . . . .	37
<b>Инфракрасная астрономия (А.М. Татарников) . . . . .</b>	<b>39</b>
Введение. . . . .	39
Поддиапазоны инфракрасного диапазона . . . . .	41
Инфракрасное излучение и атмосфера Земли . . . . .	42
Инфракрасные фотометрические системы. . . . .	44
Приёмники инфракрасного излучения . . . . .	46
Инфракрасные приборы. . . . .	50
Инфракрасные телескопы. . . . .	52
Космические инфракрасные телескопы. . . . .	54
Объекты исследования . . . . .	59
<b>Радиодиапазон (Ю.Ю. Ковалев) . . . . .</b>	<b>65</b>
Что такое радиодиапазон электромагнитного спектра? . . . . .	65
Радиотелескопы с заполненной апертурой . . . . .	66
Радиотелескопы с незаполненной апертурой: радиоинтерферометры. . . . .	69
Приемники радиоизлучения . . . . .	74
Помехи и борьба с ними. . . . .	76
Будущее радиоастрономии . . . . .	78
Рекомендуемая литература. . . . .	80

<b>Ультрафиолетовый диапазон (Б.М. Шустов).</b>	<b>81</b>
Что такое «ультрафиолетовая астрономия»	81
Почему так важны астрофизические наблюдения в УФ	84
Достижения УФ-астрономии и перспективные задачи	88
О развитии, состоянии и перспективах методов УФ-наблюдений в астрофизике	94
<b>Рентгеновская астрономия (А.А. Лутовинов, М.Н. Павлинский)</b>	<b>99</b>
Первые наблюдения неба в рентгеновских лучах	100
Начало эры спутниковых измерений в рентгеновских лучах	102
Рентгеновские телескопы косого падения	104
Рентгеновские телескопы с кодирующей апертурой	109
Новые шаги рентгеновской астрономии	116
<b>Гамма-астрономия (К.А. Постнов).</b>	<b>119</b>
Введение.	119
Рождение гамма-фотонов высоких энергий	120
Гамма-спектроскопия.	122
Распространение гамма-фотонов	125
Гамма-телескопы и детекторы.	127
Заключение.	134
<b>НЕЙТРИННЫЙ КАНАЛ</b>	<b>135</b>
<b>Источники и регистрация нейтрино (С.В. Троицкий).</b>	<b>135</b>
Введение.	135
Нейтрино как частица	135
Солнечные нейтрино и радиохимический метод.	143
Нейтрино от сверхновых и детекторы на жидких сцинтилляторах	150
Астрофизические нейтрино высоких энергий и водные черенковские детекторы.	159
Будущее нейтринной астрофизики.	170
Литература для дополнительного чтения.	174
<b>КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ</b>	<b>175</b>
<b>Странники Вселенной (М.И. Панасюк).</b>	<b>175</b>
Введение.	175
Атмосферные ливни космических частиц	177
Поймать космические лучи за пределами атмосферы	184
Галактические частицы и их ускорители.	186
Самые энергичные частицы во Вселенной.	192
Многолетние поиски эффекта ГЗК-обрезания.	194
Энергетический спектр КЛПВЭ – известен?.	195

Массовый состав КЛПВЭ — известен? . . . . .	197
Где источники КЛПВЭ? . . . . .	199
В космос за новыми знаниями о космических лучах . . . . .	201
Заключение . . . . .	204
<b>ГРАВИТАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ . . . . .</b>	<b>205</b>
<b>Открытие гравитационных волн (С.П. Вятчанин) . . . . .</b>	<b>205</b>
Что такое гравитационные волны? . . . . .	207
Гравитационные антенны . . . . .	209
Величина измеряемых смещений . . . . .	212
Фотонный дробовой шум и шумы светового давления . . . . .	215
Тепловые шумы поверхности зеркал . . . . .	215
Шумы подвеса . . . . .	218
Сейсмические и ньютоновские шумы . . . . .	218
Стандартный квантовый предел . . . . .	219
<b>Природа источников гравитационных волн (К.А. Постнов) . . . . .</b>	<b>221</b>
Отличие гравитационных волн от электромагнитных . . . . .	221
Лазерные интерферометры . . . . .	223
Гравитационные сигналы — «космические сирены» . . . . .	224
Слияние двойных черных дыр . . . . .	228
Первое слияние двойных нейтронных звезд . . . . .	230
Наблюдения «золотой» килоновой . . . . .	233
Другие астрофизические источники гравитационных волн . . . . .	234
Космологические гравитационные волны . . . . .	236
<b>Локализация источника гравитационных волн (В.М. Липунов). . . . .</b>	<b>239</b>
Машина сценариев . . . . .	242
Наблюдения гравитационно-волнового события GW150914 . . . . .	244
Почему первым открыто слияние черных дыр? . . . . .	244
Почему массы черных дыр оказались много больше, чем ожидалось? . . . . .	250
Нобелевская премия без наших соотечественников . . . . .	253
Обнаружение килоновой в галактике NGC4993 — первая локализация источника ГВ . . . . .	254
История нейтронных звезд . . . . .	256
Темп слияний нейтронных звезд в местной Вселенной . . . . .	257
Будущее . . . . .	262
<b>Ограничения на физические теории,     следующие из открытия ГВ (С.О. Алексеев) . . . . .</b>	<b>265</b>

<b>Гравитационные сигналы Вселенной (В.Н. Руденко)</b>	<b>277</b>
Введение.	277
Текущая фаза ГВ эксперимента.	278
Ступени модернизации детекторов ЛИГО	279
Европейский проект «Телескоп Эйнштейна».	282
Космический детектор eLISA	285
Гравитационная интроскопия Вселенной.	294
Заключение.	299
Литература	300
<b>АСТРОНОМИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА</b>	<b>301</b>
<b>Исследования планет (М.Я. Маров)</b>	<b>301</b>
Планеты Солнечной системы	301
Планеты земной группы	309
Планеты-гиганты	318
Спутники и кольца планет-гигантов.	324
Малые тела	332
Экзопланеты	337
Вместо заключения.	341
Дополнительная литература	342
<b>Солнце – этапы познания (В.Н. Обридко)</b>	<b>343</b>
Введение.	343
Основные данные.	344
Становление физических исследований Солнца	346
Новая эпоха. Взгляд вглубь и наружу	356
Итак, что дальше?	370
<b>Звезды и звездные населения (А.С.Расторгуев, А.К.Дамбис, Н.Н.Самусь)</b>	<b>375</b>
Звезды и созвездия.	375
Астрометрические, фотометрические и спектральные наблюдения звезд.	377
Диаграмма Герцшпрунга-Рассела, классификация звезд и звездная эволюция.	380
Химический состав звезд и особенности звездных населений.	384
Так ли «просты» шаровые скопления?	389
Пульсирующие переменные звезды как «стандартные свечи»	391
Какие еще бывают переменные звезды	395
<b>Сверхновые звезды и гамма-всплески (С.И.Блинников, Д.Ю.Цветков)</b>	<b>399</b>
Сверхновые – наблюдения.	400
Физика сверхновых.	407
Литература для дальнейшего чтения	423

<b>Многоликие галактики (А.В. Засов, О.К. Сильченко)</b>	<b>425</b>
Радиоизлучение галактик и активные ядра	432
Нейтральный водород в галактиках	435
Ультрафиолетовая фотометрия: GALEX	438
Ультрафиолетовая спектроскопия: COS/HST	440
Рентгеновские гало галактик	443
Ранние галактики с супервспышками звездообразования	445
Общий ход эволюции галактик как мы его себе представляем	448
<b>Черные дыры (А.М. Черепашук)</b>	<b>451</b>
Введение	451
Удивительные свойства черных дыр	452
Черные дыры в рентгеновских двойных системах	459
Черные дыры в гравитационно-волновых двойных системах	466
Сверхмассивные черные дыры в ядрах галактик	478
Заключение	488
<b>Космология (М.В. Сажин, О.С. Сажина)</b>	<b>489</b>
Космология и ее место в современной науке	489
Шесть основ современной наблюдательной космологии	491
Этапы эволюции Вселенной	508
Доинфляционная эпоха	515
<b>Заключение (А.М. Черепашук)</b>	<b>519</b>
<b>Авторский коллектив</b>	<b>520</b>