

УДК 52  
ББК 22.6  
А91

Владимир Георгиевич Сурдин – астроном и просветитель. Кандидат физико-математических наук, доцент. Старший научный сотрудник Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга, доцент физического факультета МГУ. Лауреат Беляевской премии и премии «Просветитель» за 2012 год.

А91 Астрономия: век XXI / ред.-сост. В. Г. Сурдин. – 570 с. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: ДМК Пресс, 2023. – Текст: непосредственный.

**ISBN 978-5-93700-172-6**

Эта книга посвящена астрономии в ее разнообразных воплощениях: от исследования Луны и планет до изучения гравитационных волн, темного вещества и темной энергии. Ученые Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга (МГУ) рассказывают о важнейших событиях, произошедших в астрономии в начале нового тысячелетия. По странному стечению событий именно этот условный рубеж был отмечен несколькими революционными открытиями в астрономии.

В последние годы астрономия и астрофизика развиваются особенно быстро, о чем говорит количество Нобелевских премий, полученных за актуальные исследования. В первую очередь это касается космологии, регистрации гравитационных волн, изучения сверхмассивных черных дыр и исследования экзопланет.

Результаты новых исследований описаны в 5-м издании книги. В частности, в нем обсуждается проблема «хаббловского напряжения» (Hubble tension), которую пока не смогли решить космологи.

УДК 52  
ББК 22.6

*На 1-й стороне обложки – спиральная галактика Мессье 83. Фото космического телескопа «Хаббл», NASA.*

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

ISBN 978-5-93700-172-6

© Оформление, издание,  
ДМК Пресс, 2022

<i>Предисловие редактора</i> .....	5
<b>Введение. Астрономия – от века к веку</b> (Ю. Н. Ефремов) .....	11
Предвидение Лапласа .....	12
Сто лет назад .....	13
Открытие Вселенной .....	17
Эволюция звезд .....	19
Галактика Млечный Путь .....	21
Все шло хорошо... ..	22
Старое «облачко» – темная масса .....	23
Пять проблем Шкловского .....	24
Новая космология .....	25
Черные дыры .....	28
Множественность необитаемых миров .....	28
Подводя итоги .....	29
<b>Глава 1. Планеты Солнечной системы</b> .....	31
<i>Обзор Солнечной системы</i> (Ж. Ф. Родионова, В. Г. Сурдин) .....	32
Общая характеристика .....	32
Луна .....	36
Меркурий .....	45
Венера .....	50
Марс .....	57
Фобос и Деймос – естественные спутники Марса .....	65
Юпитер .....	67
Сатурн .....	74
Уран .....	80
Нептун .....	82
Плутон .....	85
<i>Природа планет</i> (В. В. Шевченко) .....	89
Введение .....	89
Объекты Солнечной системы .....	89
Движение тел Солнечной системы .....	94
Химический состав тел Солнечной системы .....	95
Ранние стадии развития планет .....	96
Ударные процессы в Солнечной системе .....	98
Лед на Луне? .....	100
Планеты-гиганты: Юпитер .....	102

Вулканизм на телах Солнечной системы.....	104
Жизнь в Солнечной системе.....	108
<b>Глава 2. Звезды: рождение, жизнь, смерть .....</b>	<b>113</b>
<i><b>Физика и эволюция звезд</b> (В. А. Батулин, И. В. Миронова, В. Г. Сурдин) .....</i>	<i>114</i>
Структура звезды.....	114
Термодинамика вещества в звездных недрах.....	117
Ядерные реакции в звездах .....	121
Перенос тепла в звездах.....	127
Жизнь звезд .....	130
Субгиганты и красные гиганты .....	142
Сверхгиганты.....	145
Эволюция одиночной звезды .....	148
<i><b>Переменные звезды</b> (Н. Н. Самусь) .....</i>	<i>152</i>
История открытия и изучения .....	152
Цефеиды.....	155
Новые .....	161
Сверхновые .....	164
<i><b>Звезды: жизнь после смерти</b> (С. Б. Попов, М. Е. Прохоров) .....</i>	<i>171</i>
Белые карлики .....	171
Нейтронные звезды .....	174
Радиопульсары, «великолепная семерка» и все-все-все.....	177
Черные дыры .....	188
Компактные объекты в двойных системах.....	192
<i><b>Черные дыры во Вселенной</b> (А. М. Черепашук) .....</i>	<i>203</i>
Свойства черных дыр: ранние представления.....	203
Свойства черных дыр: современные представления .....	205
Решение Шварцшильда.....	208
Образование черных дыр .....	218
Астрономические наблюдения черных дыр.....	222
Методы измерения масс черных дыр .....	225
Сверхмассивная черная дыра в ядре нашей Галактики .....	232
Демография черных дыр.....	234
Заключение .....	245
<b>Глава 3. Мир галактик .....</b>	<b>247</b>
<i><b>Млечный Путь</b> (В. Г. Сурдин) .....</i>	<i>248</i>
Небесная Дорога .....	248
Межзвездная среда.....	257
Скопления звезд .....	267
Наша Галактика как газово-звездная система .....	275
Взаимодействие звезд и газа .....	281
Остатки вспышек сверхновых .....	284
<i><b>Спиральная структура нашей Галактики</b> (Ю. Н. Ефремов) .....</i>	<i>289</i>
«Великий чертеж» галактик .....	289

Звездные комплексы и флоккулентные спирали.....	290
Вращение Галактики .....	293
Спиральная структура Галактики.....	296
План Галактики.....	299
<b>Разнообразие галактик</b> (А. В. Засов, В. Г. Сурдин).....	304
Что такое галактика? .....	304
Как изучают галактики.....	305
Из чего состоят галактики.....	310
Какими бывают галактики.....	312
Расстояния до галактик.....	316
Размеры галактик.....	318
Вращение галактик.....	319
Что представляют собой спиральные ветви .....	322
Темная масса, или Сколько «весят» галактики.....	325
Массы звезд и газа в галактиках.....	327
Ближайшие галактики.....	338
Карликовые галактики .....	342
Взаимодействующие галактики .....	347
Системы галактик.....	352
Что там, в центрах галактик?.....	356
<b>Глава 4. Физика Вселенной</b> .....	365
<b>Современная космология</b> (М. В. Сажин, О. С. Сажина) .....	366
Космология как наука.....	366
Наблюдения в космологии .....	370
История нашей Вселенной.....	384
Три вида материи во Вселенной.....	393
Космология и теория суперструн .....	396
<b>Открытие темной энергии в ближней Вселенной</b> (А. Д. Чернин) .....	399
Введение.....	399
Глобальное и локальное .....	400
Парадокс Хаббла–Сэндиджа.....	403
Темная энергия.....	404
Плотность темной энергии .....	407
Всемирное антитяготение .....	409
Мир антитяготения .....	411
Ближняя Вселенная и локальная космология.....	412
Компьютерное моделирование: от хаоса к порядку за 12 млрд лет .....	416
Взвешиваем темную энергию в ближней Вселенной .....	418
Заключение .....	420
<b>Глава 5. Шепот Вселенной: поиск гравитационных волн</b>	
(В. Н. Руденко) .....	423
Волны пространства-времени.....	425
Чего ждем? .....	427
Это можно регистрировать? .....	429

Новое поколение антенн.....	430
Алгоритмы слепого поиска.....	436
Реликтовый гравитационно-волновой фон .....	443
Поиск астрогравитационных корреляций.....	444
Закключение .....	446

## **Глава 6. Поиски внеземных цивилизаций: астрономия,**

<b>и не только... (Л. М. Гиндилис) .....</b>	<b>449</b>
--	------------

Астрономия и SETI .....	450
Внесолнечные планетные системы.....	451
Органические соединения во Вселенной .....	455
Одиноки ли мы во Вселенной? .....	457
От фантастики к научным проектам .....	459
SETI: область исследований .....	461
Пути поиска внеземных цивилизаций .....	463
Любительский SETI.....	480
Биологический канал связи .....	482
Активный поиск .....	483
Пойдем ли мы их? .....	487
Зачем нужны контакты с ВЦ.....	488
Не опасны ли контакты? .....	489
Этика контакта .....	491

<b>Приложения (В. Г. Сурдин) .....</b>	<b>493</b>
--	------------

<i>Толковый словарь терминов, применяемых в астрономии, астрофизике и космологии .....</i>	<i>494</i>
<i>Справочные данные.....</i>	<i>520</i>
<i>Литература .....</i>	<i>553</i>
<i>Авторы .....</i>	<i>556</i>
<i>Алфавитный указатель .....</i>	<i>558</i>