

УДК 52  
ББК 22.6  
Ж35

**Жаров, Владимир Евгеньевич.**

**Ж35** Сферическая астрономия : учебник / В. Е. Жаров ; Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга. — Эл. изд. — 1 файл pdf : 481 с. — Москва : ДМК Пресс, 2022. — Систем. требования: Adobe Reader XI либо Adobe Digital Editions 4.5 ; экран 10". — Текст : электронный.

ISBN 978-5-89818-209-0

В учебнике последовательно изложены основы фундаментальной астрономии. Формулируется рекомендуемый Международным астрономическим союзом (МАС) математический аппарат интерпретации и анализа астрометрических наблюдений.

Учебник может быть использован как справочник рекомендованных МАС и Международной службой вращения Земли и систем отсчета (МСВЗ) формул редукции оптических и радионаблюдений.

УДК 52  
ББК 22.6

**Электронное издание на основе печатного издания:** Сферическая астрономия : учебник / В. Е. Жаров ; Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга. — Москва : ДМК Пресс, 2022. — 480 с. — ISBN 978-5-89818-109-3. — Текст : непосредственный.

*На обложке: астрономический глобус с изображениями 67 созвездий.  
Сконструирован К. Пфлигером (1665–1730) в 1725 г.  
и установлен в Клементинуме (Прага) в 1727 г.*

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 978-5-89818-209-0

© Век 2, 2006  
© Переиздание. ДМК Пресс, 2022

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Предисловие</b>	<b>9</b>
<b>Введение</b>	<b>13</b>
0.1. Основные задачи, решаемые сферической астрономией	13
0.2. Краткий исторический обзор . . . . .	21
<b>Глава 1. Основы сферической геометрии</b>	<b>39</b>
1.1. Основные понятия . . . . .	39
1.2. Скаляры, векторы, тензоры и системы координат . . . .	44
1.3. Сферическая система координат . . . . .	56
1.4. Основные формулы сферической геометрии . . . . .	63
<b>Глава 2. Астрономические системы координат</b>	<b>70</b>
2.1. Горизонтальная система координат . . . . .	72
2.2. Экваториальная система координат . . . . .	74
2.3. Эклиптическая система координат . . . . .	79
2.4. Галактическая система координат . . . . .	80
2.5. Преобразование координат из одной системы в другую	83
2.6. Суточное вращение небесной сферы . . . . .	94
2.7. Восход и заход небесных тел . . . . .	96
2.8. Определение систем координат в современной астрометрии . . . . .	97
2.9. Эпоха каталога, эпоха равноденствия, динамическое равноденствие . . . . .	101

2.10. Основы небесной механики . . . . .	106
2.10.1. Законы Кеплера . . . . .	106
2.10.2. Параметры и аномалии кеплеровской орбиты . .	116
2.11. Барицентрическая система координат . . . . .	123
<b>Глава 3. Системы координат на Земле</b>	<b>126</b>
3.1. Основные параметры Земли . . . . .	128
3.2. Уравнение геоида . . . . .	133
3.3. Геоцентрическая и геодезическая системы координат .	142
3.4. Земная система координат . . . . .	152
3.5. Приливы и определение земной системы координат . .	159
<b>Глава 4. Шкалы времени</b>	<b>163</b>
4.1. Солнечное время . . . . .	165
4.1.1. Системы всемирного времени и неравномерность вращения Земли . . . . .	170
4.1.2. Всемирное координированное время UTC . . . .	178
4.1.3. Местное, поясное и декретное время . . . . .	184
4.2. Звездное время . . . . .	186
4.3. Эфемеридное время . . . . .	188
4.4. Атомное время . . . . .	189
4.5. Динамические шкалы времени . . . . .	198
4.5.1. Координатное и собственное время . . . . .	200
4.5.2. Связь между динамическими шкалами времени	209
4.5.3. Барицентрическая и геоцентрическая небесные системы отсчета . . . . .	220
4.6. Пульсарная шкала времени . . . . .	227
4.7. Системы счета дней . . . . .	234
4.7.1. Юлианские даты и юлианская эпоха . . . . .	234
4.7.2. Тропический и звездный год . . . . .	236
4.8. Летосчисление . . . . .	239
4.9. Связь всемирного и звездного времени . . . . .	245
<b>Глава 5. Эффекты, искажающие положение звезд на небесной сфере</b>	<b>251</b>

5.1. Рефракция . . . . .	251
5.1.1. Учет рефракции в оптическом диапазоне . . . .	252
5.1.2. Формула Лапласа для вычисления рефракции .	258
5.1.3. Восход и заход светил с учетом рефракции . . .	262
5.1.4. Влияние рефракции на прямое восхождение и склонение звезды . . . . .	263
5.1.5. Рефракция при наблюдениях в радиодиапазоне	265
5.1.6. Рефракция и задержка радиосигнала в тропосфере . . . . .	277
5.1.7. Задержка оптического сигнала в тропосфере . .	296
5.2. Аберрация . . . . .	297
5.2.1. Изменение координат звезды из-за рефракции или аберрации . . . . .	301
5.2.2. Суточная аберрация . . . . .	304
5.2.3. Формулы учета годичной аберрации низкой точности . . . . .	305
5.2.4. Точные формулы учета годичной аберрации . .	308
5.2.5. Планетная аберрация . . . . .	315
5.3. Параллакс . . . . .	317
5.3.1. Оценка расстояния до звезд Ньютоном . . . . .	319
5.3.2. Изменение координат звезды из-за параллактического смещения . . . . .	320
5.3.3. Суточный параллакс . . . . .	321
5.3.4. Суточный параллакс Солнца . . . . .	323
5.3.5. Влияние суточного параллакса на экваториальные координаты . . . . .	325
5.4. Собственное движение звезд . . . . .	326
5.5. Измерение параллаксов и собственных движений звезд	333
5.6. Отклонение луча света в гравитационном поле . . . . .	334
5.7. Изменение координат опорного источника в поле Солнца . . . . .	339

## Глава 6. Прецессия и нутация 349

6.1. Причины прецессии и нутации . . . . .	351
--	-----

6.2. Определение матрицы прецессии . . . . .	359
6.3. Прецессионные параметры в теории IAU2000 . . . . .	365
6.4. Математическое описание прецессии . . . . .	366
6.5. Точные формулы учета нутации . . . . .	375
6.6. Преобразование из земной к небесной системе координат . . . . .	379
6.6.1. Определение небесного эфемеридного полюса . . . . .	380
6.6.2. Гринвичское истинное звездное время . . . . .	385
6.6.3. Классическое преобразование из ЗСК в НСК . . . . .	388
6.6.4. Концепция «невращающегося начала отсчета» . . . . .	390
6.7. Процедура редукции оптических наблюдений . . . . .	402
<b>Глава 7. Редукция наблюдений на РСДБ</b>	<b>407</b>
7.1. Основные этапы редукции наблюдений на РСДБ . . . . .	411
7.2. Вычисление гравитационной задержки . . . . .	412
7.3. Вычисление геометрической задержки . . . . .	415
7.4. Вычисление частных производных по нутации . . . . .	421
<b>Глава 8. Астрономические постоянные</b>	<b>424</b>
<b>Приложение А. Юлианские и календарные даты</b>	<b>435</b>
<b>Приложение В. Резолюции XXVI Генеральной Ассамблеи МАС</b>	<b>439</b>
<b>Приложение С. Основные математические определения</b>	<b>443</b>
С.1. Матричная алгебра . . . . .	443
С.2. Линейная алгебра . . . . .	445
С.3. Декартовы прямоугольные и сферические координаты вектора . . . . .	446
С.4. Элементы дифференциального и интегрального исчисления . . . . .	447
С.5. Криволинейные координаты . . . . .	449
С.6. Сферические функции . . . . .	451
<b>Приложение Д. Основные термины</b>	<b>454</b>
<b>Литература</b>	<b>469</b>
<b>Предметный указатель</b>	<b>473</b>