

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 8

Orientierung am Himmel 9

1 Überblick über typische astronomische Objekte 10

2 Überblick über astronomische Größenordnungen 13

2.1 Entfernungen 13

2.2 Zeiten 14

2.3 Massen 14

3 Tägliche Rotation der Erde 15

4 Jährliche Bewegung der Erde 17

4.1 Erdbahn 17

4.2 Jahreszeiten 19

4.3 Koordinatensysteme 19

4.3.1 Horizontsystem 19

4.3.2 Äquatorialsystem 20

4.3.3 Zusammenhang zwischen Horizont- und Äquatorialsystem 21

4.4 Präzession 22

4.5 Jahreszeitliche Veränderungen am Himmel 23

5 Bewegung und Größe der Planeten 25

5.1 Aspekte 25

5.2 Schleifenbahnen 26

5.3 Siderische und synodische Umlaufdauer 27

5.4 Planetenphasen 29

5.5 Planetendurchmesser 29

Sonnensystem 31

6 Überblick 32

7 Planeten 33

7.1 Merkur 33

7.2 Venus 34

7.3 Erde 36

7.4 Mars 41

7.5 Jupiter 44

7.6 Saturn 47

7.7 Uranus 49

7.8 Neptun 49

8 Zwergplaneten und Plutoiden 51

8.1 Pluto 51

8.2 Weitere Zwergplaneten 51

9 Kleinkörper 52

9.1 Asteroiden 52

9.2 Kuipergürtel 52

9.3 Oort'sche Wolke 53

9.4 Kometen 53

9.5 Meteoroiden, Meteore und Meteorite 55

Inhaltsverzeichnis

- 10 Bestimmung von Massen und Bahnparametern 57
 - 10.1 Ellipsengeometrie 57
 - 10.2 Keplergesetze 57
 - 10.3 Gravitation 59
 - 10.3.1 Bestimmung der Erdmasse 60
 - 10.3.2 Bestimmung von Planetenmassen 61
 - 10.4 Allgemeine Form des 3. Keplergesetzes 62
- 11 Computersimulation von Keplerbahnen 64
- 12 Bewegungen im Gravitationsfeld 66
 - 12.1 Potenzielle Energie 66
 - 12.2 Kreis- und Ellipsenbahnen 66
 - 12.3 Hohmannbahn 68
- 13 Entfernungen im Sonnensystem 70
- Sonne 71**
- 14 Vermessung der Sonne 72
- 15 Spektralanalyse 73
 - 15.1 Wellennatur des Lichts 73
 - 15.2 Elektromagnetisches Spektrum 73
 - 15.3 Kontinuierliches Spektrum und Linienspektren 75
 - 15.4 Emissions- und Absorptionsspektren 76
 - 15.5 Deutung der Emissions- und Absorptionsspektren 77
 - 15.6 Sonnenspektrum 79
- 16 Energieabstrahlung der Sonne 81
 - 16.1 Solarkonstante 81
 - 16.2 Leuchtkraft der Sonne 82
 - 16.3 Strahlungsgesetze 83
 - 16.4 Oberflächentemperatur der Sonne 87
- 17 Energieerzeugung im Inneren der Sonne 88
 - 17.1 Die Sonne, ein riesiger Ofen? 88
 - 17.2 Gravitationsenergie 88
 - 17.3 Kernenergie 88
 - 17.3.1 Massendefekt und Kernbindungsenergie 89
 - 17.3.2 Massebilanz für die Sonne 90
 - 17.3.3 Bedingungen für die Kernfusion 91
 - 17.3.4 Zentraltemperatur der Sonne 91
 - 17.3.5 Maxwellverteilung 92
 - 17.3.6 Tunneleffekt 92
 - 17.3.7 Fusionsprozesse 93
- 18 Aufbau der Sonne 95
 - 18.1 Die ruhige Sonne 95
 - 18.2 Beobachtung der Sonne 97
 - 18.3 Die aktive Sonne 98
 - 18.3.1 Sonnenflecken 98
 - 18.3.2 Protuberanzen und Eruptionen 100
- 19 Terrestrische Wirkungen der Sonne 101

Inhaltsverzeichnis

- Sterne 103**
- 20 Jährliche trigonometrische Parallaxe 104
- 21 Bewegung von Sternen 106
 - 21.1 Eigenbewegung 106
 - 21.2 Radialbewegung und Dopplereffekt 107
 - 21.2.1 Einführung 107
 - 21.2.2 Granulation der Sonnenoberfläche 109
 - 21.2.3 Doppelsterne 109
 - 21.2.4 Sonnenrotation 109
- 22 Extrasolare Planeten 111
 - 22.1 Radialgeschwindigkeitsmethode 111
 - 22.2 Transitmethode 112
 - 22.3 Fremde Welten 113
 - 22.4 Erste Photos von Exoplaneten 113
- 23 Leben auf fremden Planeten¹ 115
 - 23.1 Entstehung des Lebens auf der Erde 115
 - 23.2 Entstehung höherer Lebensformen 115
 - 23.3 Kontakt mit ETI 116
- 24 Sternhelligkeiten 117
 - 24.1 Scheinbare Helligkeit 117
 - 24.2 Absolute Helligkeit 119
- 25 Spektralklassen 121
- 26 Hertzsprung-Russell-Diagramm 123
 - 26.1 Einführung 123
 - 26.2 Spektroskopische Entfernungsbestimmung 124
 - 26.3 Bestimmung von Sternradien 125
- 27 Sternmassen 126
 - 27.1 Doppelsterne 126
 - 27.2 Massebestimmung für Doppelsterne 127
 - 27.3 Masse-Leuchtkraft-Beziehung 129
 - 27.4 Massebestimmung bei Einzelsternen 130
- 28 Sternentwicklung 131
 - 28.1 Sternentstehung 131
 - 28.2 Vom Infrarot- zum Hauptreihenstern 133
 - 28.3 Hauptreihenstadium 134
 - 28.4 Alter von Sternhaufen 134
 - 28.5 Rote Riesen 136
 - 28.6 Pulsationsveränderliche 137
 - 28.7 Endzustände von Sternen 137
 - 28.7.1 Weiße Zwerge 137
 - 28.7.2 Neutronensterne (Pulsare) 138
 - 28.7.3 Stellare Schwarze Löcher (Kollapsare) 140
- 29 Masseverlust von Sternen 142
 - 29.1 Planetarische Nebel 142
 - 29.2 Novae 143

Inhaltsverzeichnis

- 29.3 Supernovae 143
 - 29.3.1 Supernovae vom Typ II 143
 - 29.3.2 Supernovae vom Typ Ia 145
 - 29.3.3 Beobachtung von Supernovae 146
- 30 Überblick 147
 - 30.1 Sternhaufen 007 – ein Sternhaufen aus dem Computer¹ 147
 - 30.2 Entwicklung von Sternen 148
 - 30.3 Entwicklung der Sonne¹ 149
- Großstrukturen im Weltall 151**
- 31 Unser Milchstraßensystem 152
 - 31.1 Milchstraße 152
 - 31.2 Blick auf andere Galaxien 152
 - 31.3 Spiralstruktur 153
 - 31.4 Kugelsternhaufen 153
 - 31.5 Entstehung der Galaxis 154
 - 31.6 Ort der Sonne in der Galaxis 154
 - 31.7 Ein supermassereiches Schwarzes Loch im Zentrum der Galaxis 155
 - 31.8 Aufbau des Milchstraßensystems 157
 - 31.9 Rotation und Masse unseres Milchstraßensystems 157
- 32 Galaxien 158
 - 32.1 Entfernungsmessung mit Cepheidensternen 158
 - 32.2 Entfernungsmessung mit Supernovae 160
- 33 Galaxienflucht 161
- 34 Galaxienhaufen 164
- 35 Quasare 165
- 36 Entfernungen 166
- 37 Kosmologie 168
 - 37.1 Expansion des Universums 169
 - 37.2 Urknall 170
 - 37.3 Alter des Universums 172
 - 37.4 Größe des Universums 173
 - 37.5 Entfernungen im expandierenden Universum¹ 173
 - 37.6 Newton’sches Weltmodell¹ 174
 - 37.7 Relativistische Weltmodelle¹ 175
 - 37.8 Voids, Filamente, Surveys und Simulationen 176
 - 37.9 Dunkle Materie und Dunkle Energie² 178
- Aufgaben aus einem größeren Zusammenhang 181**
- 1 Aufgaben zu den Kapiteln „Orientierung am Himmel“ und „Sonnensystem“ 181
 - 1.1 Halley 181

Inhaltsverzeichnis

- 1.2 Jupiter 182
 - 1.3 Venus 182
 - 1.4 Saturn 183
 - 1.5 Kollisionen im Sonnensystem 184
- 2 Aufgaben zum Kapitel „Sonne“ 185
 - 2.1 Leuchtkraft der Sonne (1) 185
 - 2.2 Leuchtkraft der Sonne (2) 185
 - 2.3 Sonnenwind 186
 - 2.4 Sonnenenergie 186
 - 2.5 Spektrum der Sonne 187
- 3 Aufgaben zum Kapitel „Sterne“ 189
 - 3.1 Exoplanet des Sterns HD 209458 189
 - 3.2 Regulus 191
 - 3.3 ε Tauri 192
 - 3.4 Supernova SN 1987A 193
 - 3.5 Plejaden 194
 - 3.6 Barnards Pfeilstern 195
 - 3.7 Das Firmament 197
 - 3.8 Sirius als Doppelstern 198
 - 3.9 Beobachtungen im Virgohaufen 198
- 4 Aufgaben zum Kapitel „Großstrukturen im Weltall“ 200
 - 4.1 Entfernungsmessungen und Weltalter 200
 - 4.2 Andromedagalaxie 200
 - 4.3 Kugelsternhaufen 201
 - 4.4 Galaxien im Sternbild Andromeda 201

Anhang 203

- 1 Zeitmessung 203
- 2 Drehbare Sternkarte 205
- 3 Teleskope 206
 - 3.1 Refraktor 206
 - 3.2 Reflektor 206
 - 3.3 Auflösungsvermögen 207
 - 3.4 Fernrohrmontierungen 208
- 4 Beobachtung von Objekten 209
- 5 Stichwortverzeichnis 211
- 6 Abbildungsverzeichnis 215