

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung		1
I. Klassische Astronomie und das Planetensystem		5
Sterne und Menschen: Beobachten und Denken		
Historische Einleitung in die klassische Astronomie		6
2. Klassische Astronomie	2.1 Koordinaten und Zeit:	
	Bewegungen von Sonne, Erde und Mond	10
	2.1.1 Die Himmelskugel. Astronomische Koordinatensysteme	10
	2.1.2 Die Bewegungen der Erde. Jahreszeiten und Tierkreis	12
	2.1.3 Die Zeit: Tag, Jahr und Kalender	15
	2.1.4 Der Mond	17
	2.1.5 Mond- und Sonnenfinsternisse	19
	2.2 Bahnbewegungen und Entfernungen im Planetensystem	20
	2.2.1 Planetenbewegungen und Bahnelemente	21
	2.2.2 Kometen und Meteore	23
	2.2.3 Entfernungsbestimmungen, Dopplereffekt und Aberration	26
	2.3 Mechanik und Gravitationstheorie	28
	2.3.1 Newtonsche Gesetze	28
	2.3.2 Impuls- oder Schwerpunktsatz	29
	2.3.3 Drehimpuls- oder Flächensatz	30
	2.3.4 Energiesatz	31
	2.3.5 Virialsatz	31
	2.3.6 Gravitationsgesetz. Gravitationsenergie	32
	2.4 Himmelsmechanik	34
	2.4.1 Erstes und zweites Keplersgesetz: Planetenbahnen	34
	2.4.2 Drittes Keplersgesetz: Massenbestimmung	35
	2.4.3 Energiesatz und Entweichgeschwindigkeit	35
	2.4.4 Rotation und Trägheitsmoment	36
	2.4.5 Präzession	36
	2.4.6 Gezeiten	37
	2.4.7 Ptolemäisches und kopernikanisches Weltsystem	38
	2.5 Weltraumforschung	39
	2.5.1 Bahnen künstlicher Satelliten und Raumfahrzeuge	40
	2.5.2 Astronomische Beobachtungen vom Weltraum aus	40
	2.5.3 Erkundung des Mondes	42
	2.5.4 Raumfahrtmissionen im Planetensystem	43

3. Physikalische Beschaffenheit der Körper im Planetensystem	3.1 Globale Eigenschaften der Planeten und Satelliten	46
	3.1.1 Möglichkeiten zur Erforschung der Planeten und Satelliten	46
	3.1.2 Globaler Energiehaushalt der Planeten	48
	3.1.3 Innerer Aufbau und Stabilität	48
	3.1.4 Aufbau der Planetenatmosphären	50
	3.2 Erde, Mond und erdähnliche Planeten	52
	3.2.1 Innerer Aufbau der erdähnlichen Planeten	52
	3.2.2 Radioaktive Altersbestimmungen. Erdgeschichte	53
	3.2.3 Magnetfelder. Plattentektonik	54
	3.2.4 Mondoberfläche	58
	3.2.5 Oberflächen der erdähnlichen Planeten	60
	3.2.6 Atmosphären der erdähnlichen Planeten	67
	3.3 Planetoiden oder kleine Planeten (Asteroiden)	70
	3.3.1 Bahnen der Planetoiden	70
	3.3.2 Eigenschaften der Planetoiden	71
	3.4 Die großen Planeten	73
	3.4.1 Jupiter	73
	3.4.2 Saturn	78
	3.4.3 Uranus	82
	3.4.4 Neptun	83
	3.5 Pluto und transneptunische Kleinplaneten	86
	3.5.1 Pluto und Charon	86
	3.5.2 Transneptunische Kleinplaneten	87
	3.6 Kometen	87
	3.6.1 Struktur, Spektren und chemische Zusammensetzung	88
	3.6.2 Entwicklung der Kometen	90
	3.7 Meteore und Meteorite	90
	3.7.1 Meteorite und Einschlagkrater	90
	3.7.2 Meteore in der Erdatmosphäre	91
	3.7.3 Eigenschaften und Herkunft der Meteorite	91
	3.8 Interplanetare Materie	95
II. Strahlung, Instrumente und Beobachtungsverfahren		97
Entwicklung astronomischer Beobachtungsverfahren		
Historische Einführung in die Erschließung des elektromagnetischen Spektrums		98
4. Strahlung und Materie	4.1 Elektromagnetische Strahlung	101
	4.2 Spezielle Relativitätstheorie	102
	4.2.1 Lorentztransformation. Dopplereffekt	103
	4.2.2 Relativistische Mechanik	103
	4.3 Strahlungstheorie	104
	4.3.1 Phänomenologische Strahlungsgrößen	104
	4.3.2 Emission und Absorption. Strahlungstransportgleichung	107
	4.3.3 Thermodynamisches Gleichgewicht und Hohlraumstrahlung	109

	4.4	Materie im thermodynamischen Gleichgewicht	111
	4.4.1	Boltzmann-Statistik	111
	4.4.2	Geschwindigkeitsverteilung	112
	4.4.3	Thermische Anregung	112
	4.4.4	Thermische Ionisation	112
	4.4.5	Massenwirkungsgesetz	113
	4.5	Wechselwirkung von Strahlung mit Materie	114
	4.5.1	Freie Weglänge	114
	4.5.2	Wirkungsquerschnitt und Reaktionsrate	114
	4.5.3	Stoß- und Strahlungsprozesse: Kinetische Gleichungen	115
	4.5.4	Atomare Elementarprozesse	117
	4.5.5	Extinktions- und Emissionskoeffizienten	119
	4.5.6	Energiereiche Photonen und Teilchen	120
5. Astronomische und astrophysikalische Instrumente	5.1	Teleskope und Detektoren im Optischen und Ultraviolett	123
	5.1.1	Teleskope herkömmlicher Art	123
	5.1.2	Auflösungsvermögen und Lichtstärke. Optische Interferometer	128
	5.1.3	Adaptive und aktive Optik. Großteleskope	131
	5.1.4	Optische Detektoren	136
	5.1.5	Spektrographen	138
	5.1.6	Weltraumteleskope	142
	5.2	Teleskope und Detektoren für den Radio- und Infrarotbereich	143
	5.2.1	Radioteleskope	144
	5.2.2	Empfänger und Spektrometer für den Radiofrequenzbereich	149
	5.2.3	Beobachtungsverfahren im Infrarot	151
	5.3	Instrumente der Hochenergieastronomie	153
	5.3.1	Teilchendetektoren	153
	5.3.2	Teleskope für die Kosmische Strahlung	155
	5.3.3	Gammastrahlenteleskope	156
	5.4	Instrumente im Röntgenbereich und extremen Ultraviolett	158
	5.4.1	Detektoren und Spektrometer im Röntgenbereich	159
	5.4.2	Teleskope und Satelliten im Röntgenbereich	159
	5.4.3	Teleskope für das extreme Ultraviolett	161
III. Sonne und Sterne: Astrophysik des einzelnen Sterns			163
		Astronomie + Physik = Astrophysik	
		Historische Einleitung	164
6. Entfernungen und Zustandsgrößen der Sterne	6.1	Die Sonne	169
	6.1.1	Photosphärisches Spektrum. Mitte-Rand-Variation	170
	6.1.2	Energieverteilung	171
	6.1.3	Leuchtkraft und Effektivtemperatur	172

	6.2	Entfernungen und Geschwindigkeiten der Sterne	173
	6.2.1	Trigonometrische Parallaxe	173
	6.2.2	Radialgeschwindigkeit und Eigenbewegung	174
	6.2.3	Stromparallaxe	174
	6.2.4	Sternpositionen und Kataloge	175
	6.3	Helligkeiten, Farben und Radien der Sterne	176
	6.3.1	Scheinbare Helligkeit	176
	6.3.2	Farbindex und Energieverteilung	177
	6.3.3	Absolute Helligkeit	180
	6.3.4	Bolometrische Helligkeit und Leuchtkraft	181
	6.3.5	Sternradien	181
	6.4	Klassifikation der Sternspektren.	
		Hertzsprung-Russell-Diagramm	182
	6.4.1	Spektraltyp	183
	6.4.2	Hertzsprung-Russell-Diagramm. Leuchtkraftklasse	183
	6.4.3	MK-Klassifikation	185
	6.4.4	Zweifarbendiagramm	187
	6.4.5	Rotation der Sterne	188
	6.5	Doppelsterne und die Massen der Sterne	188
	6.5.1	Visuelle Doppelsterne	189
	6.5.2	Spektroskopische Doppelsterne. Bedeckungsveränderliche ...	190
	6.5.3	Perioden und Rotation	190
	6.5.4	Massen der Sterne	191
	6.5.5	Enge Doppelsternsysteme	192
	6.5.6	Pulsare in Doppelsternsystemen	193
	6.5.7	Begleiter mit substellaren Massen: Braune Zwerge und Exoplaneten	195
7. Spektren und Atmosphären der Sterne	7.1	Spektren und Atome	198
	7.1.1	Grundbegriffe der Atomspektroskopie	198
	7.1.2	Anregung und Ionisation	201
	7.1.3	Linienabsorptionskoeffizient	204
	7.1.4	Verbreiterung der Spektrallinien	205
	7.1.5	Bemerkungen zur Molekülspektroskopie	207
	7.2	Physik der Sternatmosphären	208
	7.2.1	Aufbau der Sternatmosphären	208
	7.2.2	Absorptionskoeffizienten in Sternatmosphären	211
	7.2.3	Modellatmosphären. Spektrale Energieverteilung	213
	7.2.4	Strahlungstransport in den Fraunhoferlinien	215
	7.2.5	Wachstumskurve	217
	7.2.6	Quantitative Analyse der Sternspektren	218
	7.2.7	Elementhäufigkeiten in der Sonne und den Sternen	220
	7.3	Die Sonne: Chromosphäre und Korona.	
		Strömungen, Magnetfelder und Aktivität	223
	7.3.1	Granulation und Konvektion	223
	7.3.2	Magnetfelder und Magnetohydrodynamik	224

7.3.3	Sonnenflecke und Aktivitätszyklus. Magnetische Flußröhren .	226
7.3.4	Chromosphäre und Korona	230
7.3.5	Protuberanzen	236
7.3.6	Sonneneruptionen oder Flares	238
7.3.7	Sonnenwind	241
7.3.8	Oszillationen: Helioseismologie	245
7.4	Veränderliche Sterne.	
	Strömungen, Magnetfelder und Aktivität bei Sternen	248
7.4.1	Pulsierende Sterne. R Coronae Borealis-Sterne	249
7.4.2	Magnetische oder Spektrum-Veränderliche. Ap-Sterne und Metallliniensterne	252
7.4.3	Aktivität, Chromosphären und Koronen bei kühlen Sternen ...	253
7.4.4	Koronen, Sternwinde und Variabilität bei heißen Sternen	257
7.4.5	Kataklysmische Veränderliche: Novae und Zwergnovae	259
7.4.6	Röntgendoppelsterne: Akkretion auf Neutronensterne	261
7.4.7	Supernovae und Pulsare	265
7.4.8	Stellare Gammaquellen	273
7.4.9	Gammaburster	274
8. Aufbau und Entwicklung der Sterne	8.1 Grundgleichungen des Sternaufbaus	278
8.1.1	Hydrostatisches Gleichgewicht und Zustandsgleichung der Materie	279
8.1.2	Temperaturverteilung und Energietransport	279
8.1.3	Energieerzeugung durch Kernreaktionen	280
8.1.4	Gravitationsenergie und thermische Energie	284
8.1.5	Stabilität der Sterne	286
8.1.6	Grundgleichungssystem und allgemeine Folgerungen	287
8.2	Entwicklung der Sterne	288
8.2.1	Hauptreihensterne: Zentrales Wasserstoffbrennen	289
8.2.2	Aufbau der Sonne. Solare Neutrinos	290
8.2.3	Vom Wasserstoff- zum Heliumbrennen	293
8.2.4	Spätphasen der Sternentwicklung	295
8.2.5	Nukleosynthese in Sternen	300
8.2.6	Enge Doppelsternsysteme	303
8.2.7	Physik der Akkretionsscheiben	305
8.3	Endstadien der Sternentwicklung	307
8.3.1	Braune Zwerge	307
8.3.2	Zustandsgleichung elektronenentarteter Materie	308
8.3.3	Aufbau der Weißen Zwerge	309
8.3.4	Neutronensterne	310
8.4	Starke Gravitationsfelder	311
8.4.1	Allgemeine Relativitätstheorie	312
8.4.2	Kugelsymmetrische Felder im Vakuum	313
8.4.3	Lichtablenkung und Gravitationslinsen	314
8.4.4	Schwarze Löcher	317
8.4.5	Gravitationswellen	317

IV. Sternsysteme. Kosmologie und Kosmogonie	319
Der Vorstoß ins Weltall	
Historische Einleitung in die Astronomie des 20. Jahrhunderts	320
9. Sternhaufen	
9.1 Offene Sternhaufen und Sternassoziationen	326
9.1.1 Offene (galaktische) Sternhaufen	326
9.1.2 Sternassoziationen	327
9.1.3 Farben-Helligkeits-Diagramme und Alter offener Haufen	327
9.2 Kugelsternhaufen	330
9.2.1 Kugelhaufen in der Milchstraße	330
9.2.2 Metallhäufigkeit und Zweifarbendiagramm	332
9.2.3 Farben-Helligkeits-Diagramme und Alter der Kugelhaufen	332
9.2.4 Kugelhaufen in anderen Galaxien	335
10. Interstellare Materie und Sternentstehung	
10.1 Interstellarer Staub	338
10.1.1 Dunkelwolken	338
10.1.2 Interstellare Extinktion und Verfärbung	338
10.1.3 Polarisierung von Sternlicht durch interstellaren Staub	340
10.1.4 Eigenschaften der Staubkörner	341
10.1.5 Diffuse interstellare Absorptionsbänder	342
10.2 Neutrales interstellares Gas	343
10.2.1 Atomare interstellare Absorptionslinien	343
10.2.2 Die 21 cm-Linie des neutralen Wasserstoffs. H I-Wolken	345
10.2.3 Interstellare Moleküllinien. Molekülwolken	347
10.3 Ionisiertes Gas: Leuchtende Gasnebel	350
10.3.1 H II-Regionen	350
10.3.2 Planetarische Nebel	355
10.3.3 Supernovaüberreste	356
10.3.4 Heißes interstellares Gas	362
10.4 Hochenergetische Komponenten	363
10.4.1 Interstellare Magnetfelder	363
10.4.2 Kosmische Strahlung	364
10.4.3 Galaktische Gammastrahlung	370
10.5 Frühe Entwicklung und Entstehung der Sterne	372
10.5.1 Vor-Hauptreihensterne	373
10.5.2 Sternentstehungsgebiete	375
10.5.3 Gravitationsinstabilität und Fragmentation	377
10.5.4 Entwicklung der Protosterne	378
10.5.5 Strömungen in der Umgebung der Protosterne	380
10.5.6 Stellarstatistik und Geburtsraten der Sterne	383
11. Aufbau und Dynamik des Milchstraßensystems	
11.1 Sterne und der Bau der Milchstraße	387
11.1.1 Galaktische Koordinaten	387
11.1.2 Sternzählungen	387

11.1.3	Raumgeschwindigkeiten der Sterne	388
11.1.4	Sternhaufen: Entfernungsbestimmung und Bau der Milchstraße	390
11.2	Dynamik und Verteilung der Materie	391
11.2.1	Rotation der galaktischen Scheibe	392
11.2.2	Verteilung der interstellaren Materie	394
11.2.3	Galaktische Bahnen der Sterne. Lokale Massendichte	398
11.2.4	Massenverteilung in der Milchstraße	400
11.2.5	Dynamik der Spiralarme	401
11.2.6	Populationen und Elementhäufigkeiten	402
11.3	Zentralbereich der Milchstraße	406
11.3.1	Galaktischer Bulge ($R \leq 3$ kpc)	406
11.3.2	Kernbereich des galaktischen Bulge ($R \leq 300$ pc)	407
11.3.3	Zirkumnukleare Scheibe und Minispirale ($R \leq 10$ pc)	409
11.3.4	Innerster Bereich ($R \leq 1$ pc) mit Sgr A*	410
12. Galaxien und Galaxienhaufen		
12.1	Normale Galaxien	413
12.1.1	Entfernungsbestimmung	413
12.1.2	Klassifikation und absolute Helligkeiten	416
12.1.3	Leuchtkraftfunktion	420
12.1.4	Helligkeitsprofil und Durchmesser	421
12.1.5	Dynamik und Massen	423
12.1.6	Sternpopulationen und Elementhäufigkeiten	427
12.1.7	Gas- und Staubverteilung	430
12.2	Infrarot- und Starburst-Galaxien	434
12.2.1	Infrarotgalaxien	434
12.2.2	Starburst-Aktivität	436
12.3	Radiogalaxien, Quasare und Aktivität in Galaxienkernen	437
12.3.1	Synchrotronstrahlung	437
12.3.2	Nichtthermische Radiostrahlung normaler Galaxien	440
12.3.3	Radiogalaxien	441
12.3.4	Quasare (Quasistellare Objekte)	446
12.3.5	Seyfert-Galaxien	453
12.3.6	Aktivität in Galaxienkernen	455
12.4	Haufen und Superhaufen von Galaxien	459
12.4.1	Lokale Gruppe	459
12.4.2	Klassifikation und Massen der Galaxienhaufen	460
12.4.3	Gas in Galaxienhaufen	462
12.4.4	Wechselwirkung der Galaxien. Entwicklung der Galaxienhaufen	464
12.4.5	Superhaufen von Galaxien	465
12.5	Entstehung und Entwicklung der Galaxien	467
12.5.1	Entstehung der Galaxien und Galaxienhaufen	468
12.5.2	Intergalaktisches Medium und Lyman α -Systeme	471

	12.5.3 Wechselwirkende Galaxien	472
	12.5.4 Entwicklung der Galaxien	474
	12.5.5 Galaxien im frühen Universum	479
13. Kosmologie: Der Kosmos als Ganzes	13.1 Weltmodelle	482
	13.1.1 Fluchtbewegung der Galaxien	482
	13.1.2 Newtonsche Kosmologie	483
	13.1.3 Relativistische Kosmologie	485
	13.1.4 Materiekosmos	488
	13.2 Strahlung und Beobachtung. Elemententstehung im Kosmos	489
	13.2.1 Ausbreitung von Strahlung	489
	13.2.2 Mikrowellen-Hintergrundstrahlung	491
	13.2.3 Strahlungskosmos	494
	13.2.4 Elemententstehung im Kosmos	495
	13.2.5 Beobachtete Parameter des heutigen Kosmos	496
	13.2.6 Olbers-Paradox	500
	13.3 Evolution des Kosmos	500
	13.3.1 Planckzeit	501
	13.3.2 Fundamentale Teilchen und Wechselwirkungen	501
	13.3.3 Entwicklung des Kosmos nach dem Standardmodell	503
	13.3.4 Inflationärer Kosmos	506
	13.3.5 Andere Kosmologien	507
14. Kosmogonie des Sonnensystems	14.1 Entstehung der Sonne und des Planetensystems	509
	14.1.1 Überblick über das Planetensystem	509
	14.1.2 Protoplanetare Scheibe und Entstehung der Planeten	511
	14.1.3 Entstehung der Meteorite	513
	14.1.4 Entstehung des Erde-Mond-Systems	515
	14.1.5 Planetensysteme bei anderen Sternen	518
	14.2 Entwicklung der Erde und des Lebens	520
	14.2.1 Entwicklung der Atmosphäre und der Ozeane	520
	14.2.2 Molekularbiologische Grundlagen	521
	14.2.3 Präbiotische Moleküle	524
	14.2.4 Entwicklung der Lebewesen	526
Anhang	A.1 Verschiedene Einheiten, Internationales Einheitensystem und Gaußsches System	533
	A.2 Namen der Sternbilder	537
Ausgewählte Probleme		539
Literatur und Daten		547
Quellennachweis		555
Sachverzeichnis		561
Physikalische Fundamentalkonstanten (Hintere Einbandinnenseite)		
Astronomische Konstanten und Einheiten (Hintere Einbandinnenseite)		

Der neue Kosmos

Einführung in die Astronomie und Astrophysik

Unsöld, A.; Baschek, B.

2002, XIV, 580 S. 278 Abb., 21 Abb. in Farbe.,

Hardcover

ISBN: 978-3-540-42177-1