

Einführung in die Astroteilchenphysik

Hermann Kolanoski

Institut für Physik, Humboldt-Universität zu Berlin

Inhaltsverzeichnis

Literaturverzeichnis	iv
1 Einführung	1
2 Die Entwicklung des Universums	11
2.1 Einführung	11
2.2 Das Urknall-Modell	11
2.2.1 Die Metrik des gekrümmten Raums	12
2.2.2 Entwicklungsphasen des frühen Universums	23
2.2.3 Probleme des Urknall-Modells	27
2.3 Inflation	28
2.4 Nukleosynthese	30
2.5 Mikrowellen-Hintergrundstrahlung	33
2.5.1 Temperatur und Spektrum der Strahlung	33
2.5.2 Anisotropien im Mikrowellenhintergrund	36
2.5.3 Multipol-Spektrum der CMB-Verteilung	36
2.5.4 Interpretation des Multipol-Spektrums	38
2.5.5 Bestimmung der kosmologischen Parameter	41
3 Kosmische Strahlung	43
3.1 Einführung	43
3.2 Geladene Komponente	45
3.2.1 Spektren	46
3.2.2 Zusammensetzung	49
3.2.3 Magnetische Effekte	51
3.2.4 Intensitätsschwankungen der Kosmischen Strahlung	53
3.2.5 Luftschauer	54
3.2.6 Wechselwirkungen der Sekundärteilchen	57
3.2.7 Experimente zum Nachweis Kosmischer Strahlung	67
3.3 Neutrinos	75
3.3.1 Überblick	75
3.3.2 Solare Neutrinos	76
3.3.3 Atmosphärische Neutrinos	82
3.3.4 Formalismus der Neutrino-Oszillationen	82
3.3.5 Ergebnisse für die 3-Flavour-Mischungsmatrix:	85
3.3.6 Neutrinoastronomie bei hohen Energien	88
3.4 Gamma-Strahlung	95

3.4.1	Das elektromagnetische Spektrum	95
3.4.2	Satellitenexperimente zur Beobachtung von Gamma-Strahlung	95
3.4.3	Teleskope zum Nachweis von TeV-Photonen	97
3.4.4	Quellen hochenergetischer Photonen	99
3.4.5	Erzeugungs- und Verlustprozesse für Gammastrahlung	100
4	Sternentwicklung	113
4.1	Strukturbildung	113
4.1.1	Gravitative Instabilität	113
4.2	Entwicklungsstadien von Sternen	116
4.2.1	Protosterne	116
4.2.2	Kernfusion: Wasserstoffbrennen	117
4.2.3	Heliumbrennen und C, O-Produktion	119
4.2.4	Produktion schwerer Elemente	121
4.2.5	Hertzsprung-Russel-Diagramm	123
4.3	Stabilitätsgrenzen von Sternen	124
4.3.1	Elektronenentartungsdruck	124
4.3.2	Weißer Zwerge	127
4.3.3	Supernova (Typ II)	127
4.3.4	Supernova (Typ Ia)	130
4.3.5	Neutronensterne und Pulsare	131
4.3.6	Schwarze Löcher	134
5	Beschleunigungsmechanismen	137
5.1	Gesamtenergie der Kosmischen Strahlung	137
5.2	Magnetfelder und Plasmen	138
5.2.1	Magnetische Spiegel und Flaschen	138
5.2.2	Einschluß von Magnetfeldern in Plasmen	141
5.3	Fermi-Beschleunigung	142
5.4	Schockbeschleunigung in Supernova-Resten	145
5.4.1	Schockwellen	145
5.4.2	Beschleunigung in Schockwellen	147
5.5	Pulsare	148
5.5.1	Das Goldreich-Julian-Modell	148
5.5.2	Nicht-ausgerichtetes Magnetfeld	153
5.5.3	Suche nach gepulster TeV-Gammastrahlung	155
5.6	Aktive Galaktische Kerne	156
6	Dunkle Materie	159
6.1	Hinweise auf Dunkle Materie	159
6.2	Kandidaten und ihre Eigenschaften	162
6.2.1	Neutrinos	164
6.2.2	WIMPs	164
6.2.3	Axionen	166
6.2.4	Topologische Raum-Zeit-Defekte	167
6.2.5	Machos	167
6.2.6	Modifikation der Gravitationstheorie:	167

6.3	Nachweis von Dunkler Materie	168
6.3.1	Machos	168
6.3.2	Detektoren zum WIMP-Nachweis	169
6.3.3	Analyse Kosmischer Strahlung	172
6.3.4	Nachweis von Axionen	174
6.3.5	Beschleunigerexperimente	175
A	Astrophysikalische Konstanten	177
B	Ergänzungen	180
B.1	Zustandsgleichungen	180

Literaturverzeichnis

- [1] <http://www-zeuthen.desy.de/astro-workshop/> (die Vorträge, die unter ‘Agenda’ als pdf-Files abgelegt sind, geben einen hervorragenden Überblick über den Stand der Astroteilchenphysik).
- [2] C. Grupen: ‘Astroteilchenphysik’, Vieweg-Verlag (2000).
- [3] [http://besch2.physik.uni-siegen.de/
~phys2000/Siegen-ge/astroteilchen.html](http://besch2.physik.uni-siegen.de/~phys2000/Siegen-ge/astroteilchen.html)
- [4] T.K. Gaisser: ‘Cosmic Rays and Particle Physics’, Cambridge Univ. Press.
- [5] T. Stanev, ‘High Energy Cosmic Rays’ Springer-Verlag (2004).
- [6] M.S. Longair: ‘High Energy Astrophysics’, Vols. 1, 2, Cambridge Univ. Press.
- [7] A. Unsöld; B. Baschek: ‘Der neue Kosmos’, Springer-Verlag.
- [8] Demtröder: Experimentalphysik Bd. 4, ‘Kern-, Teilchen- und Astrophysik’, Springer Verlag.
- [9] H.V. Klapdor-Kleingrothhaus; K. Zuber: ‘Teilchenastrophysik’ Teubner-Verlag.
- [10] D. Perkins: ‘Particle Astrophysics’, Oxford University Press (2003).
- [11] P. Coles, F. Lucchin: Cosmology, Wiley Verlag 1995.
- [12] S. Weinberg: Die ersten drei Minuten, Pieper Verlag 1977.
- [13] H. Fritzsche: Vom Urknall zum Zerfall, Pieper Verlag.
- [14] Particle Data Group (PDG): Review of Particle Physics, Phys. Lett. B 592 (2004); <http://pdg.lbl.gov>
Kompakte Zusammenfassung: Particle Data Group: Particle Physics Booklet, Elsevier Verlag 2004.
- [15] <http://www-zeuthen.desy.de/~kolanosk/astro0506/title.html>
- [16] Diplomarbeit Humboldt-Universität 2005,
http://www-hess.physik.hu-berlin.de/public/diplom_fabian_schmidt.pdf