

Spis treści

Przedmowa	9
1 Wstęp	11
2 Założenia Modelu Wielkiego Wybuchu	15
3 Ekspansja Wszechświata	17
3.1. Świat statyczny	17
3.2. Ekspansja Wszechświata – prawo Hubble’a	18
3.3. Ekspansja przestrzeni	21
3.4. Przesunięcie ku czerwieni w wyniku ekspansji przestrzeni	24
4 Elementy szczególnej teorii względności	25
5 Rozszerzanie się Wszechświata	31
5.1. Newtonowski opis ekspansji	31
5.2. Relatywistyczny opis ekspansji – równanie Friedmana	34
6 Promieniowanie a grawitacja	39
7 Równanie stanu	41
8 Epoki rozszerzania się Wszechświata	43
8.1. Epoka promieniowania	43
8.1.1. Rozkład promieniowania ciała doskonale czarnego	43
8.1.2. Rozszerzanie w epoce promieniowania	44
8.1.3. Hamowanie ekspansji	46
8.2. Epoka materii	47
8.2.1. Rozszerzanie w epoce materii	48

8.2.2.	Hamowanie ekspansji	50
8.3.	Epoka energii „fałszywej” próżni	50
8.3.1.	Rozszerzanie w epoce energii „fałszywej” próżni	50
8.3.2.	Przyspieszanie ekspansji	52
9	Gęstość materii we Wszechświecie	53
10	Promieniowanie reliktowe	55
11	Scenariusz wczesnego etapu rozszerzania się Wszechświata	62
11.1.	Etapy rozszerzania się Wszechświata	62
11.1.1.	Standardowy Model Wielkiego Wybuchu	63
11.1.2.	Inflacyjny Model Wielkiego Wybuchu	65
11.2.	Monopole magnetyczne	70
12	Pierwotna nukleosynteza	72
12.1.	Powstanie nukleonów	74
12.2.	Powstanie atomów!jąder atomowych	78
12.2.1.	Powstanie jąder deuteru	78
12.2.2.	Powstanie jąder atomowych	80
13	Powstanie atomów	85
14	Wszechświat – jego wczesny rozwój	87
15	Fizyka mikroświata	89
16	Elementy mechaniki kwantowej	90
16.1.	Równanie Schrödingera	90
16.2.	Obserwable	92
17	Elementarne cząstki i siły	93
17.1.	Cząstki elementarne	93
17.1.1.	Leptony	93
17.1.2.	Kwarki	94
17.1.3.	Cząstki – antycząstki	95
17.2.	Oddziaływania elementarne	96
18	Symetrie w fizyce – zasada Emmy Noether	100
18.1.	Symetrie w fizyce klasycznej – prawa zachowania	103
18.2.	Symetrie w fizyce kwantowej – prawa zachowania	106
18.2.1.	Transformacje unitarne	106

18.2.2.	Symetrie – zachowanie liczb kwantowych	108
18.2.3.	Zachowanie liczb kwantowych addytywnych	108
18.2.4.	Spin oraz izospin – symetrie	112
18.3.	Transformacje P , C , T , CP i CPT	116
19	Własności oddziaływań elektromagnetycznych	122
19.1.	Półklasyczny opis oddziaływań elektromagnetycznych	122
19.2.	Równania kwantowe relatywistyczne	125
19.3.	Własności oddziaływań elektromagnetycznych	127
19.4.	Procesy elementarne	131
19.5.	Elektromagnetyczna polaryzacja próżni	132
19.6.	Doświadczalne potwierdzenie QED	134
20	Własności oddziaływań silnych	136
20.1.	Ładunki silne	136
20.2.	Symetria cechowania	138
20.3.	Procesy elementarne	141
20.4.	Polaryzacja próżni dla oddziaływań silnych	142
20.5.	Kwarki uwięzione	144
20.6.	Hadrony	144
21	Własności oddziaływań słabych	146
21.1.	Podstawy oddziaływania słabego	146
21.2.	Symetria cechowania	147
21.3.	Renormalizowalność a idea Higgosa	148
21.4.	Spontaniczne sprzężenie pól	149
21.5.	Lewoskrętność oddziaływania słabego	151
21.6.	Procesy elementarne	152
21.7.	Procesy słabe łamiące symetrie	155
21.8.	Mieszanie kwarków – macierz CKM	156
21.9.	Niezachowanie symetrii CP	158
21.10.	Mieszanie neutrin	160
22	Oddziaływania grawitacyjne	162
23	Unifikacja oddziaływań	164
23.1.	Oddziaływania elektroslabe	164
23.2.	Wielka unifikacja – GUT	168
23.3.	Superunifikacja, epoka Plancka	172
24	Supersymetrie – SUSY	173
24.1.	Model SUSY	174

25 Scenariusz wczesnego rozwoju Wszechświata	177
25.1. Historia rozwoju Wszechświata według Modelu Wielkiego Wybuchu	177
26 Epilog	182
Literatura uzupełniająca	184
Indeks	185