

Spis treści

<i>Przedmowa</i>	XIII
<i>Podziękowania</i>	XVI
1. Wstęp	1
1.1. Model standardowy fizyki cząstek elementarnych	1
1.2. Oddziaływanie cząstek z materią	13
1.3. Eksperymenty w wielkim zderzaczu	22
1.4. Pomiary w akceleratorach cząstek	26
Podsumowanie	28
Zadania	28
2. Podstawowe pojęcia	31
2.1. Jednostki stosowane w fizyce cząstek	31
2.2. Szczególna teoria względności	34
2.3. Nierelatywistyczna mechanika kwantowa	41
Podsumowanie	55
Zadania	56
3. Szybkości rozpadu i przekroje czynne	59
3.1. Złota reguła Fermiego	59
3.2. Przestrzeń fazowa i normalizacja funkcji falowej	61
3.3. Rozpady cząstek	67
3.4. Przekroje czynne oddziaływania	70
3.5. Różniczkowy przekrój czynny	74
Podsumowanie	79
Zadania	80
4. Równanie Diraca	82
4.1. Równanie Kleina-Gordona	82
4.2. Równanie Diraca	84
4.3. Gęstość prawdopodobieństwa i prąd prawdopodobieństwa	87
4.4. *Spin i równanie Diraca	88

4.5.	Forma kowariantna równania Diraca	91
4.6.	Rozwiązania równania Diraca	94
4.7.	Antycząstki	98
4.8.	Stany spinu i skrętności	106
4.9.	Wewnętrzna parzystość fermionów Diraca	110
	Podsumowanie	113
	Zadania	114
5.	Oddziaływanie poprzez wymianę cząstek	116
5.1.	Teoria zaburzeń pierwszego i drugiego rzędu	116
5.2.	Diagramy Feynmana i cząstki wirtualne	121
5.3.	Wprowadzenie do QED	123
5.4.	Zasady Feynmana dla QED	126
	Podsumowanie	129
	Zadania	130
6.	Anihilacja elektron-pozyton	131
6.1.	Obliczenia w teorii zaburzeń	131
6.2.	Anihilacja elektron-pozyton	133
6.3.	Spin w anihilacji elektron-pozyton	142
6.4.	Chiralność	143
6.5.	*Techniki oparte na śladach	147
	Podsumowanie	159
	Zadania	160
7.	Rozpraszanie elastyczne elektron-proton	163
7.1.	Badanie struktury protonu	163
7.2.	Rozpraszanie Rutherforda i Motta	164
7.3.	Czynnik postaci	169
7.4.	Relatywistyczne rozpraszanie elastyczne elektron-proton	171
7.5.	Równanie Rosenblutha	175
	Podsumowanie	179
	Zadania	180
8.	Rozpraszanie głęboko nieelastyczne	182
8.1.	Rozpraszanie nieelastyczne elektron-proton	182
8.2.	Rozpraszanie głęboko nieelastyczne	188
8.3.	Rozpraszanie elektron-kwark	190
8.4.	Model kwark-parton	194
8.4.3.	Walencyjność i morze kwarków	201
8.5.	Rozpraszanie elektron-proton w zderzaczu HERA	204
8.6.	Pomiary funkcji rozkładu partonów	207
	Podsumowanie	208

Zadania	209
9. Symetrie i model kwarków	211
9.1. Symetrie w mechanice kwantowej	211
9.2. Symetria zapachu	215
9.3. Łączenie kwarków w bariony	219
9.4. Funkcje falowe barionów w stanie podstawowym	223
9.5. Izospinowa reprezentacja antykwarków	225
9.6. Symetria zapachu SU(3)	227
Podsumowanie	243
9.7. *Uzupełnienie: inne spojrzenie na symetrię zapachu	243
Zadania	244
10. Chromodynamika kwantowa (QCD)	246
10.1. Lokalna zasada cechowania	246
10.2. Kolor w QCD	249
10.3. Gluony	252
10.4. Uwięzienie koloru	253
10.5. Biegnąca stała sprzężenia α_s i swoboda asymptotyczna	257
10.6. QCD w anihilacji elektron-pozyton	264
10.7. Współczynniki koloru	268
10.8. Ciężkie mezony i potencjał koloru w QCD	276
10.9. Zderzenia hadron-hadron	279
Podsumowanie	287
Zadania	288
11. Oddziaływanie słabe	290
11.1. Oddziaływanie słabe przez prądy naładowane	290
11.2. Parzystość	290
11.3. Struktura $V-A$ oddziaływania słabego	295
11.4. Chiralna struktura oddziaływania słabego	298
11.5. Propagator bozonu W	300
11.6. Skrętność w rozpadzie pionu	303
11.7. Eksperymentalne dowody na sprzężenie $V-A$	308
Podsumowanie	308
Zadania	309
12. Słabe oddziaływanie leptonów	311
12.1. Uniwersalność leptonowa	311
12.2. Rozpraszanie neutrin	313
12.3. Eksperymenty z rozpraszaniem neutrin	323
12.4. Funkcje strukturalne w oddziaływaniach neutrin	326
12.5. Rozpraszanie elektron-proton przez prądy naładowane	328

Podsumowanie	331
Zadania	332
13. Neutrina i oscylacje neutrin	333
13.1. Zapachy neutrin	333
13.2. Neutrina słoneczne	335
13.3. Masowe i słabe stany własne	341
13.4. Oscylacje neutrin o dwóch zapachach	343
13.5. Oscylacje neutrin z trzema zapachami	347
13.6. Eksperymenty z oscylacją neutrin	356
13.7. Eksperymenty reaktorowe	358
13.8. Eksperymenty z neutrino z długą linią bazową	363
13.9. Ogólny zarys	365
Podsumowanie	366
Zadania	367
14. Łamanie symetrii CP i słabe oddziaływania hadronowe	370
14.1. Łamanie symetrii CP we wczesnym Wszechświecie	370
14.2. Oddziaływania słabe kwarków	371
14.3. Macierz CKM	374
14.4. Układ neutralnego kaonu	377
14.5. Oscylacje dziwności	390
14.6. Fizyka mezonów B	401
14.7. Łamanie symetrii CP w Modelu Standardowym	409
Podsumowanie	411
Zadania	412
15. Unifikacja elektrosłaba	415
15.1. Właściwości bozonów W	415
15.2. Grupa cechowania oddziaływania słabego	421
15.3. Unifikacja elektrosłaba	425
15.4. Rozpady bozonu Z	431
Podsumowanie	433
Zadania	433
16. Testowanie Modelu Standardowego	435
16.1. Rezonans Z	435
16.2. Wielki zderzacz elektronów i pozytonów	441
16.3. Właściwości bozonu W	450
16.4. Korekty pętli kwantowej	456
16.5. Kwark górny	458
Podsumowanie	464
Zadania	465

17. Bozon Higgsa	468
17.1. Zasadność istnienia bozonu Higgsa	468
17.2. Lagranżjan w kwantowej teorii pola	469
17.3. Lokalna niezmienniczość cechowania	475
17.4. Masy cząstek	477
17.5. Mechanizm Higgsa	478
17.6. Właściwości bozonu Higgsa	496
17.7. Odkrycie bozonu Higgsa	499
Podsumowanie	503
17.8. *Uzupełnienie: masy neutrin	503
Zadania	506
18. Model standardowy i nie tylko	509
18.1. Model standardowy	509
18.2. Otwarte pytania w fizyce cząstek elementarnych	511
18.3. Posłowie	520
Dodatek A. Funkcja delta Diraca	522
A.1. Definicja funkcji delta Diraca	522
A.2. Transformata Fouriera funkcji delta	523
A.3. Funkcja delta funkcji	524
Dodatek B. Równanie Diraca	525
B.1. Moment magnetyczny fermionu Diraca	525
B.2. Kowariancja równania Diraca	528
B.3. Prąd czterowektorowy	530
Zadania	532
Dodatek C. Hadrony o małej masie	533
Dodatek D. Stany polaryzacji bozonu cechowania	536
D.1. Klasyczny elektromagnetyzm	536
D.2. Stany polaryzacji fotonu	538
D.3. Stany polaryzacji masywnych cząstek o spinie 1	539
D.4. Sumy polaryzacji	541
Dodatek E. Twierdzenie Noether	547
Zadanie	549
Dodatek F. Nieabelowa teoria cechowania	550
<i>Bibliografia</i>	556
<i>Dalsza lektura</i>	558
<i>Skorowidz</i>	560