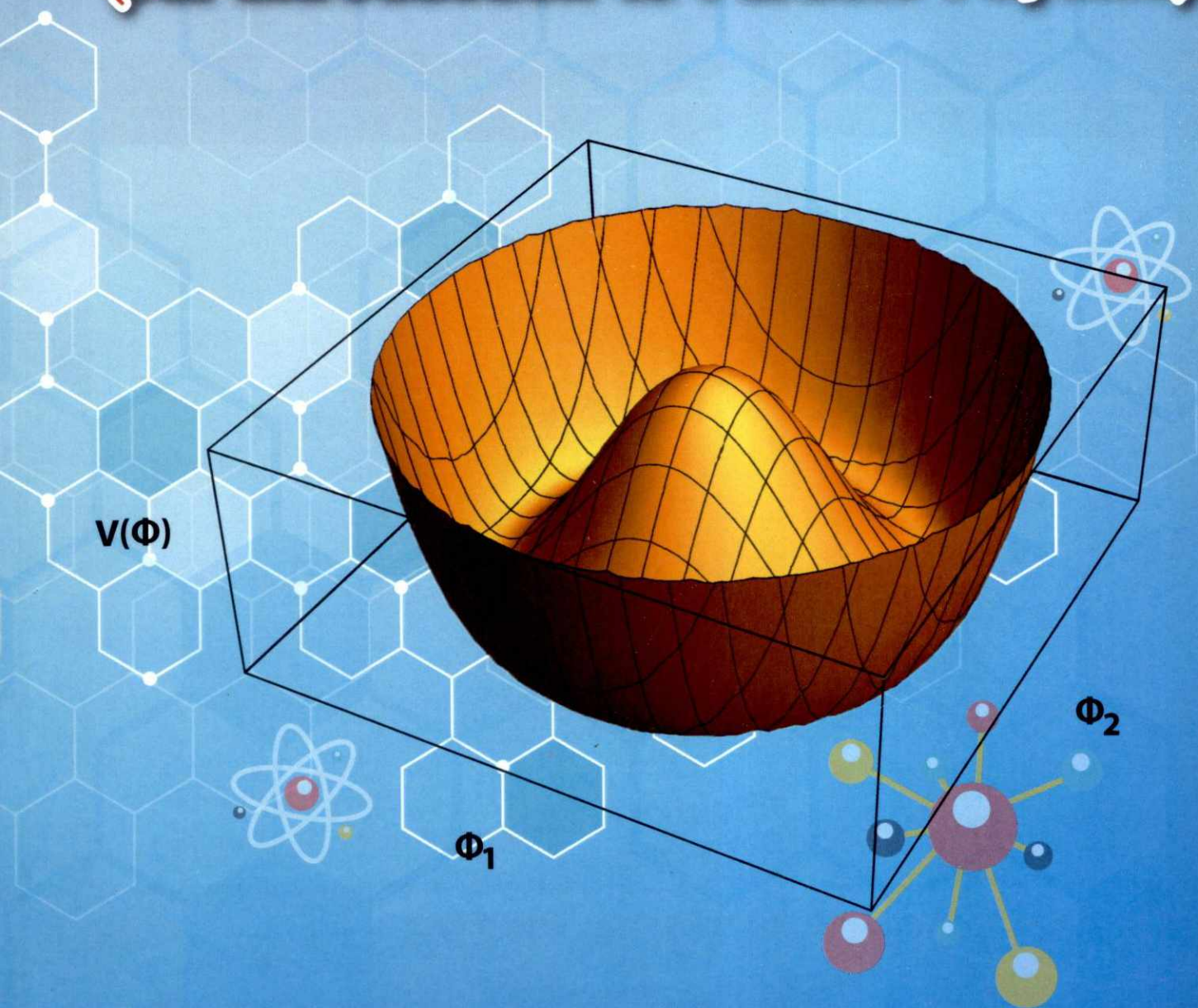


ฟิสิกส์อนุภาคเบื้องต้น

(An Introduction to Particle Physics)



ปิยบุตร บุรีคำ

สารบัญ

1	บทนำ	1
1.1	ความรู้ฟิสิกส์อนุภาคปัจจุบัน	1
1.2	แบบจำลองมาตรฐาน (The Standard Model)	3
1.3	ภาคตัดขวางการกระเจิง (Scattering Cross Section)	4
1.3.1	การกระเจิงของหนึ่งอนุภาค	6
1.3.2	ทฤษฎีบทเชิงทัศนศาสตร์ (Optical Theorem)	10
1.4	การประมาณแบบบอร์น (Born Approximation)	13
1.4.1	การประมาณแบบบอร์นที่ระยะทางมากๆ	14
1.5	คลื่นส่วนประกอบ (Partial Wave) และการเลื่อนเฟส (Phase Shift)	18
1.5.1	การกระจายคลื่นส่วนประกอบ (Partial Wave Expansion) .	22
1.5.2	การกระเจิงเรโซแนนซ์ (Resonant Scattering)	25
2	ทฤษฎีสถานะควอนตัม (Quantum Field Theory)	29
2.1	ทฤษฎีสถานะสเกลาร์ (Scalar Field Theory)	29
2.2	กระแสอนุรักษ์ (Conserved Current) และทฤษฎีบทนอเธอร์ (Noether Theorem)	33
2.3	สมมาตรเกจ (Gauge Symmetry)	37
2.4	การควอนไทซ์สนาม (Field Quantisation)	41
2.5	ทฤษฎีสถานะแม่เหล็กไฟฟ้าและการกำหนดเกจ (Gauge Fixing) . .	49
2.5.1	การควอนไทซ์ในเกจแบบรังสี (Radiation gauge quantization) หรือคูโลมบ์เกจ (Coulomb gauge)	50
2.5.2	การควอนไทซ์ในลอเรนซ์เกจหรือการควอนไทซ์แบบโควาเรียนท์ (Covariant Quantization)	52
2.5.3	เงื่อนไขกูปตาเบลเลอร์ (Gupta-Bleuler Condition) . .	56
2.6	ภาคตัดขวางและเมทริกซ์เอส (Cross section and S-Matrix)	57

2.6.1	เมทริกซ์เอส (S-Matrix)	59
2.6.2	การกระเจิง $2 \rightarrow 2$	62
2.6.3	พโรพาเกเตอร์ (Propagator) และฟังก์ชันคอร์เรเลชัน (Correlation Function)	66
2.6.4	ฟังก์ชันคอร์เรเลชันในทฤษฎีที่มีอันตรกิริยา	70
2.6.5	ทฤษฎีบทของวิก (Wick's Theorem)	71
2.7	สปินเนอร์ (Spinor)	74
2.7.1	กรุปลอเรนทซ์ (Lorentz Group)	80
2.7.2	การสร้างกระแสนุรักษ์ j^μ	86
2.7.3	เรพเรเซนต์มาตรฐานของดิแรคสปินเนอร์ (Standard Representation)	90
2.7.4	การควอนไทซ์สนามดิแรค	94
2.8	ทฤษฎียูกาวา (Yukawa theory)	99
2.8.1	กระบวนการกระเจิง $2 \rightarrow 2$ ในทฤษฎียูกาวา	102
2.8.2	ศักย์ยูกาวา (Yukawa potential)	106
2.9	ทฤษฎีควอนตัมแม่เหล็กไฟฟ้า (Quantum Electrodynamics, QED)	109
2.9.1	ศักย์แบบคูลอมบ์	110
2.9.2	กระบวนการพื้นฐานใน QED & เทคนิคการคำนวณเชิงเทรซ (Trace Technology)	113
2.9.3	เทคนิคการคำนวณเชิงเทรซ	115
2.9.4	เทคนิคการคำนวณเชิงเฮลิซิตี (Helicity Technique)	117
2.9.5	วิธีคำนวณแบบอื่น	120
2.9.6	การกระเจิงคอมป์ตัน (Compton Scattering)	123
2.9.7	การประลัยคู่ (Pair Annihilation)	127

3 ทฤษฎีเกจอิเล็กโตรวีคแบบฉบับ (The Standard Electroweak Gauge Theory) 131

3.1	ทฤษฎีเกจ $SU(2)_L$	132
3.2	ทฤษฎีเกจ $SU(2)_L \times U(1)_Y$	137
3.2.1	กลไกฮิกส์ (Higgs Mechanism)	141
3.2.2	อันตรกิริยาเชิงผลแบบเฟอร์มิออนสี่ตัว (Effective four-fermion contact interaction)	146
3.2.3	มวลของเลปตอน	148
3.2.4	มวลควาร์กและมิกซิงหรือการผสมควาร์ก	150

3.2.5	กระบวนการ GIM (Glashow–Iliopoulos–Maiani, GIM mechanism)	153
3.2.6	การสลายตัวกึ่งเลปตอน (semileptonic decay) แบบ $V-A$	155
3.2.7	การสลายตัวของมิวออน	158
3.3	โครงสร้างของฮาดรอน	164
3.3.1	แฟกเตอร์รูปทรงหรือฟอร์มแฟกเตอร์ (Form Factor)	172
3.3.2	ฟังก์ชันโครงสร้าง (Structure function)	176
3.3.3	$W_{1,2}$ และภาคตัดขวาง	182
3.3.4	แบบจำลองพาร์ตอน (Parton model)	185
3.3.5	เงื่อนไขต่อฟังก์ชันการกระจายพาร์ตอน $q(x)$ ในโปรตอน	190
4	ผลของสนามความโน้มถ่วงต่อฟิสิกส์อนุภาค	197
4.1	ผลของพลังงานมืดและค่าคงที่เอกภพ	198
4.2	เสถียรภาพเชิงความโน้มถ่วงของอนุภาคสเกลาร์และอนุภาคมูลฐาน	198
4.3	การผสมของแกรวิตอนกับอนุภาคสปิน 2 มีมวล	203
4.3.1	สตรองแกรวิตี	204
4.3.2	สมการสตรองแกรวิตี	206
4.3.3	อสมการบุคคาลและขีดจำกัดมวลต่อรัศมี	208
4.3.4	ขีดจำกัดมวลล่างและบนกับช่องว่างมวลและอุณหภูมิฮาเกดอร์น	212
4.4	บทสรุป	215