

Table des matières

Introduction	3
Chapitre 1. La physique des particules et le concept de matière	13
1.1. La matière selon Descartes, Leibniz et Newton.....	14
1.2. La matière et l'énergie.....	21
1.3. L'énergie de masse	22
1.4. La matière quantique	26
Chapitre 2. Les débuts de la théorie atomique moderne de la matière	29
2.1. Dalton.....	30
2.2. La loi périodique des éléments de Mendeleiev	33
2.3. Le commentaire de Marie Curie.....	38
Chapitre 3. Le photon lumineux.....	39
3.1. De l'optique géométrique à l'expérience de Foucault	40
3.1.1. La vitesse de la lumière étudiée par Römer en 1676.....	45
3.1.2. La nature de la lumière.....	47
3.1.3. L'optique de Newton	47
3.1.4. L'optique de Huygens.....	57
3.1.5. La découverte des interférences par Young	60
3.1.6. La découverte de la polarisation	62
3.1.7. Fresnel et la diffraction	64
3.2. La vitesse de la lumière dans la théorie de l'émission corpusculaire et dans la théorie ondulatoire	69
3.3. La théorie électromagnétique de la lumière de Maxwell	72
Chapitre 4. Les découvertes relatives au photon de 1895 à 1905.....	81
4.1. La découverte des rayons X	81
4.1.1. Les rayons cathodiques à l'origine de la découverte des rayons X	81
4.1.2. Le processus de création des photons X dans l'expérience de Röntgen.....	85

4.2. Le quantum d'action de Planck, 1900.....	88
4.3. Les quanta de lumière d'Einstein.....	96
4.4. Les découvertes ultérieures à 1896 relatives aux rayons X.....	100
Chapitre 5. La découverte de l'électron.....	101
5.1. La découverte expérimentale de l'électron.....	102
5.1.1. Des rayons cathodiques à la découverte de l'électron.....	103
5.1.2. La détermination du rapport de la charge à la masse de l'électron par J. J. Thomson en 1897.....	106
Chapitre 6. La radioactivité et les rayonnements α, β et γ.....	111
6.1. La découverte de la radioactivité naturelle par H. Becquerel.....	111
6.2. La découverte du polonium et du radium par Marie Curie.....	117
6.3. Découverte des rayonnements α et β et de la loi de décroissance de la radioactivité.....	122
6.3.1. Découverte des rayonnements α et β	122
6.3.2. La loi de la décroissance radioactive.....	124
6.4. L'identité des rayons β et des électrons.....	128
6.5. La découverte des rayons γ	130
6.6. L'évaluation de l'énergie rayonnée par les radioéléments.....	134
6.7. La cause et la nature de la radioactivité.....	137
6.7.1. La radioactivité induite.....	137
6.7.2. La cause de la radioactivité.....	140
Chapitre 7. La découverte du proton par Rutherford.....	143
7.1. Modèle de l'atome de Rutherford en 1911.....	145
7.2. La première réaction nucléaire, 1919.....	145
Chapitre 8. Les antiparticules, les rayons cosmiques et la découverte du positron.....	153
8.1. L'équation de Dirac et les antiparticules.....	153
8.2. La découverte des rayons cosmiques.....	154
8.3. La découverte du positron.....	158
Chapitre 9. L'effet Compton.....	163
9.1. La découverte de l'effet Compton.....	163
9.2. La formule de la diffusion Compton.....	164
Chapitre 10. Le spin.....	167
10.1. L'expérience de Stern et Gerlach.....	168
10.2. Le spin et le principe de Pauli.....	169

10.3. Spin nucléaire et moment magnétique nucléaire	169
10.4. Les conséquences de l'expérience de Stern et Gerlach.....	172
Chapitre 11. La dualité onde-corpuscule	175
Chapitre 12. L'électrodynamique quantique	181
12.1. Les travaux de P. A. M. Dirac	181
12.1.1. <i>La mécanique des q-nombres</i>	183
12.1.2. <i>Les équations de Dirac de la mécanique quantique</i>	183
12.2. L'électron relativiste	187
12.3. L'équation de Klein-Gordon.....	188
12.4. Développement de Fourier	189
12.5. La deuxième quantification.....	190
12.6. La théorie quantique des champs et la renormalisation.....	190
12.7. Les graphes de Feynman	193
12.8. La technique d'intégrale de chemins.....	196
12.9. L'éther de Dirac	198
Chapitre 13. La théorie de Fermi de la radioactivité β	203
Chapitre 14. Le spectre du rayonnement β et le neutrino	209
14.1. Les expériences de Hahn, Meitner et Otto von Baeyer.....	210
14.2. Les démonstrations de Chadwick et d'Ellis	211
14.3. Pauli propose l'existence du neutrino.....	214
14.4. Le neutrino de Majorana	215
14.5. Connaissances actuelles concernant les neutrinos.....	216
Chapitre 15. La découverte du neutron	219
15.1. Les contributions d'Irène Curie et de Frédéric Joliot	220
15.2. La découverte du neutron par Chadwick.....	222
Chapitre 16. Rappels de mathématiques et de physique	227
16.1. Quadrivecteurs	227
16.2. Le lagrangien	229
16.3. L'hamiltonien	230
16.4. Les crochets de Lagrange, de Poisson et de Dirac.....	231
16.5. Les groupes	234
16.6. Les théories de jauge	236
16.7. La relativité restreinte.....	242
16.7.1. <i>Les travaux initiaux de H. A. Lorentz</i>	243
16.7.2. <i>Les travaux de Poincaré</i>	247

• 16.7.2.1. Les formules de la relativité restreinte et la formule d'addition des vitesses dans les travaux de Poincaré.....	251
• 16.7.2.2. La publication des <i>Rendiconti</i>	253
16.7.3. <i>La première publication d'Einstein sur la relativité restreinte</i>	255
16.7.4. <i>Comparaison des formalismes de Poincaré et d'Einstein</i>	259
16.7.5. <i>Les formules de la relativité restreinte</i>	262
16.7.6. <i>L'espace-temps en relativité restreinte</i>	265
Chapitre 17. La théorie de Yukawa	267
17.1. Les interactions nucléaires	267
17.2. La découverte expérimentale du pion et du muon	270
17.3. La découverte du Kaon	272
Chapitre 18. L'étrangeté	275
Chapitre 19. La théorie de Yang et Mills et les théories de jauge	279
19.1. La symétrie des lois physiques	279
19.2. La violation de parité dans les interactions faibles.....	279
19.3. Rappels concernant les équations de Schrödinger et de Klein-Gordon et les invariances de jauge globale et locale.....	281
19.4. La théorie de Yang et Mills.....	285
Chapitre 20. La voie octuple, et les quarks	289
20.1. Hadrons et Baryons	289
20.2. La voie octuple	290
20.3. La découverte de l' Ω^-	292
20.4. Les quarks	292
Chapitre 21. La formulation complète de l'interaction faible et la découverte des bosons W et Z	295
21.1. La force faible	295
21.2. Les bosons intermédiaires massifs	296
21.3. Constante de couplage de l'interaction faible	300
Chapitre 22. Les autres quarks: c, b, t	301
22.1. Le méson J/ Ψ et le quark c	301
22.2. Les cinquième et sixième quarks	302
Chapitre 23. La découverte du lepton tau	305
Chapitre 24. Chromodynamique quantique, théorie de l'interaction forte (1973), découverte du gluon (1979)	307
24.1 La théorie de l'interaction forte.....	308

24.2. Le gluon	309
24.3. La découverte expérimentale du gluon	311
Chapitre 25. Découverte de neutrinos massifs.....	313
Chapitre 26. Le mécanisme de Brout-Englert-Higgs.....	317
26.1. Brisure spontanée de symétrie	317
26.2. La conjecture de Goldstone.....	318
26.3. La génération de la masse	319
26.4. Les recherches expérimentales et la découverte d'un boson dont les caractéristiques sont compatibles avec le modèle standard.....	322
26.5. Les résultats des expériences ATLAS et CMS du LHC au CERN.....	325
26.6. Le faux vide.....	329
Chapitre 27. Les interactions	333
27.1. Caractéristiques des quatre interactions	333
27.2. Les constantes de couplage des différentes interactions	334
27.3. L'interaction électromagnétique.....	335
27.4. La gravitation	338
27.4.1. <i>La théorie newtonienne de la gravitation</i>	338
27.4.2. <i>La gravitation relativiste</i>	346
Chapitre 28. Au-delà du modèle standard	359
28.1. La supersymétrie.....	359
28.1.1. <i>La supersymétrie et la cosmologie</i>	362
28.1.2. <i>Énergie du vide et énergie noire</i>	363
28.1.3. <i>La matière noire</i>	364
28.1.4. <i>Supersymétrie et matière noire</i>	365
28.2. La GUT (Théorie de grande unification)	366
28.3. Cordes, supercordes et gravitation quantique.....	368
Chapitre 29. Les limites du modèle standard	371
Bibliographie	373