

# Table des matières

<b>Introduction .....</b>	<b>3</b>
<b>Chapitre 1. La physique des particules et le concept de matière .....</b>	<b>13</b>
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
<b>Chapitre 2. Les débuts de la théorie atomique moderne de la matière .....</b>	<b>29</b>
2.1. Dalton.....	30
2.2. La loi périodique des éléments de Mendeleiev .....	33
2.3. Le commentaire de Marie Curie.....	38
<b>Chapitre 3. Le photon lumineux.....</b>	<b>39</b>
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
<b>Chapitre 4. Les découvertes relatives au photon de 1895 à 1905.....</b>	<b>81</b>
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
<b>Chapitre 5. La découverte de l'électron.....</b>	<b>101</b>
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
<b>Chapitre 6. La radioactivité et les rayonnements <math>\alpha</math>, <math>\beta</math> et <math>\gamma</math>.....</b>	<b>111</b>
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 $\alpha$ et $\beta$ et de la loi de décroissance de la radioactivité.....	122
6.3.1. Découverte des rayonnements $\alpha$ et $\beta$ .....	122
6.3.2. La loi de la décroissance radioactive.....	124
6.4. L'identité des rayons $\beta$ et des électrons.....	128
6.5. La découverte des rayons $\gamma$ .....	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
<b>Chapitre 7. La découverte du proton par Rutherford.....</b>	<b>143</b>
7.1. Modèle de l'atome de Rutherford en 1911.....	145
7.2. La première réaction nucléaire, 1919.....	145
<b>Chapitre 8. Les antiparticules, les rayons cosmiques et la découverte du positron.....</b>	<b>153</b>
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
<b>Chapitre 9. L'effet Compton.....</b>	<b>163</b>
9.1. La découverte de l'effet Compton.....	163
9.2. La formule de la diffusion Compton.....	164
<b>Chapitre 10. Le spin.....</b>	<b>167</b>
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
<b>Chapitre 11. La dualité onde-corpuscule .....</b>	<b>175</b>
<b>Chapitre 12. L'électrodynamique quantique .....</b>	<b>181</b>
12.1. Les travaux de P. A. M. Dirac .....	181
12.1.1. <i>La mécanique des <math>q</math>-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
<b>Chapitre 13. La théorie de Fermi de la radioactivité <math>\beta</math> .....</b>	<b>203</b>
<b>Chapitre 14. Le spectre du rayonnement <math>\beta</math> et le neutrino .....</b>	<b>209</b>
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
<b>Chapitre 15. La découverte du neutron .....</b>	<b>219</b>
15.1. Les contributions d'Irène Curie et de Frédéric Joliot .....	220
15.2. La découverte du neutron par Chadwick.....	222
<b>Chapitre 16. Rappels de mathématiques et de physique .....</b>	<b>227</b>
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
<b>Chapitre 17. La théorie de Yukawa</b> .....	<b>267</b>
17.1. Les interactions nucléaires .....	267
17.2. La découverte expérimentale du pion et du muon .....	270
17.3. La découverte du Kaon .....	272
<b>Chapitre 18. L'étrangeté</b> .....	<b>275</b>
<b>Chapitre 19. La théorie de Yang et Mills et les théories de jauge</b> .....	<b>279</b>
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
<b>Chapitre 20. La voie octuple, et les quarks</b> .....	<b>289</b>
20.1. Hadrons et Baryons .....	289
20.2. La voie octuple .....	290
20.3. La découverte de l' $\Omega^-$ .....	292
20.4. Les quarks .....	292
<b>Chapitre 21. La formulation complète de l'interaction faible et la découverte des bosons W et Z</b> .....	<b>295</b>
21.1. La force faible .....	295
21.2. Les bosons intermédiaires massifs .....	296
21.3. Constante de couplage de l'interaction faible .....	300
<b>Chapitre 22. Les autres quarks: c, b, t</b> .....	<b>301</b>
22.1. Le méson J/ $\Psi$ et le quark c .....	301
22.2. Les cinquième et sixième quarks .....	302
<b>Chapitre 23. La découverte du lepton tau</b> .....	<b>305</b>
<b>Chapitre 24. Chromodynamique quantique, théorie de l'interaction forte (1973), découverte du gluon (1979)</b> .....	<b>307</b>
24.1 La théorie de l'interaction forte.....	308

24.2. Le gluon .....	309
24.3. La découverte expérimentale du gluon .....	311
<b>Chapitre 25. Découverte de neutrinos massifs.....</b>	<b>313</b>
<b>Chapitre 26. Le mécanisme de Brout-Englert-Higgs.....</b>	<b>317</b>
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
<b>Chapitre 27. Les interactions .....</b>	<b>333</b>
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
<b>Chapitre 28. Au-delà du modèle standard .....</b>	<b>359</b>
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
<b>Chapitre 29. Les limites du modèle standard .....</b>	<b>371</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>373</b>