

# LE COURS DE PHYSIQUE DE FEYNMAN

Richard Feynman | Robert Leighton | Matthew Sands

NOUVELLE ÉDITION



DUNOD

# TABLE DES MATIÈRES

<b>Préface à la nouvelle édition américaine</b>	<b>III</b>
<b>Préface de Richard Feynman</b>	<b>XIII</b>
<b>Liste des symboles</b>	<b>XVII</b>
<b>Introduction</b>	<b>XXI</b>
<b>Chapitre 1. Le comportement quantique</b>	<b>1</b>
1.1 Mécanique atomique	1
1.2 Une expérience avec des balles de fusil	2
1.3 Une expérience avec des ondes	4
1.4 Une expérience avec des électrons	6
1.5 Interférences des ondes d'électrons	7
1.6 En observant les électrons	9
1.7 Premiers principes de la mécanique quantique	13
1.8 Le principe d'incertitude	15
<b>Chapitre 2. La relation entre les points de vue ondulatoire et corpusculaire</b>	<b>17</b>
2.1 Amplitudes des ondes de probabilité	17
2.2 Mesures de position et d'impulsion	18
2.3 Diffraction par un cristal	23
2.4 La taille d'un atome	25
2.5 Niveaux d'énergie	27
2.6 Implications philosophiques	29
<b>Chapitre 3. Amplitudes de probabilité</b>	<b>33</b>
3.1 Lois de combinaison des amplitudes	33
3.2 Interférences obtenues avec deux fentes	38
3.3 Diffusion par un cristal	42
3.4 Particules identiques	45
<b>Chapitre 4. Particules identiques</b>	<b>51</b>
4.1 Particules de Bose et particules de Fermi	51
4.2 États à deux particules de Bose	54
4.3 États à $n$ particules de Bose	58
4.4 Émission et absorption de photons	60
4.5 Le spectre du corps noir	62
4.6 L'hélium liquide	68
4.7 Le principe d'exclusion	69

<b>Chapitre 5. Spin un</b>	<b>75</b>
5.1 Filtrage des atomes avec un appareil de Stern-Gerlach	75
5.2 Expériences avec des atomes filtrés	81
5.3 Filtres de Stern-Gerlach en série	84
5.4 États de base	85
5.5 Amplitudes en interférences	88
5.6 La machinerie de la mécanique quantique	92
5.7 Transformation dans une base différente	95
5.8 Autres situations	98
<b>Chapitre 6. Spin un demi</b>	<b>101</b>
6.1 Transformation des amplitudes	101
6.2 Transformation dans un système de coordonnées ayant subi une rotation	103
6.3 Rotations autour de l'axe z	108
6.4 Rotations de 180° et de 90° autour de y	112
6.5 Rotations autour de x	116
6.6 Rotations quelconques	118
<b>Chapitre 7. La dépendance des amplitudes en fonction du temps</b>	<b>123</b>
7.1 Atomes au repos ; états stationnaires	123
7.2 Mouvement uniforme	126
7.3 Énergie potentielle ; conservation de l'énergie	130
7.4 Forces ; la limite classique	135
7.5 La « précession » d'une particule de spin un demi	138
<b>Chapitre 8. La matrice hamiltonienne</b>	<b>143</b>
8.1 Amplitudes et vecteurs	143
8.2 Décomposition des vecteurs d'état	145
8.3 Quels sont les états de base du monde ?	149
8.4 Comment les états évoluent dans le temps	152
8.5 La matrice hamiltonienne	156
8.6 La molécule d'ammoniac	157
<b>Chapitre 9. Le maser à ammoniac</b>	<b>163</b>
9.1 Les états de la molécule d'ammoniac	163
9.2 La molécule dans un champ électrique statique	168
9.3 Transitions dans un champ dépendant du temps	174
9.4 Transitions à la résonance	177
9.5 Transitions hors de la résonance	180
9.6 L'absorption de la lumière	181
<b>Chapitre 10. Autres systèmes à deux états</b>	<b>185</b>
10.1 L'ion d'hydrogène moléculaire	185
10.2 Les forces nucléaires	192
10.3 La molécule d'hydrogène	195
10.4 La molécule de benzène	198
10.5 Les colorants	201
10.6 L'hamiltonien d'une particule de spin un demi dans un champ magnétique	203
10.7 L'électron avec spin dans un champ magnétique	206

<b>Chapitre 11. Autres systèmes à deux états</b>	<b>211</b>
11.1 Les matrices de spin de Pauli	211
11.2 Les matrices de spin en tant qu'opérateurs	217
11.3 La solution des équations à deux états	221
11.4 Les états de polarisation du photon	223
11.5 Le méson K de charge nulle	228
11.6 Généralisation aux systèmes à $N$ états	239
<b>Chapitre 12. La structure hyper-fine de l'hydrogène</b>	<b>245</b>
12.1 Les états de base d'un système fait de deux particules de spin un demi	245
12.2 L'hamiltonien pour l'état d'énergie le plus bas de l'hydrogène	248
12.3 Les niveaux d'énergie	254
12.4 L'effet Zeeman	257
12.5 Les états en présence d'un champ magnétique	262
12.6 La matrice de projection pour un spin un	265
<b>Chapitre 13. Propagation dans un réseau cristallin</b>	<b>269</b>
13.1 États d'un électron dans un réseau à une dimension	269
13.2 États d'énergie définie	273
13.3 États qui varient avec le temps	277
13.4 Un électron dans un réseau à trois dimensions	278
13.5 Autres états dans un réseau	280
13.6 Diffusion par les imperfections dans un cristal	282
13.7 Capture par une imperfection d'un réseau	285
13.8 Amplitudes de diffusion et états liés	286
<b>Chapitre 14. Les semi-conducteurs</b>	<b>289</b>
14.1 Électrons et trous dans les semi-conducteurs	289
14.2 Semi-conducteurs impurs	295
14.3 L'effet Hall	298
14.4 Jonctions de semi-conducteurs	300
14.5 Redressement du courant à une jonction de semi-conducteurs	304
14.6 Le transistor	306
<b>Chapitre 15. L'approximation des particules indépendantes</b>	<b>309</b>
15.1 Les fonctions d'onde de spins	309
15.2 Les fonctions d'onde à deux spins	314
15.3 Les particules indépendantes	316
15.4 La molécule de benzène	318
15.5 D'autres exemples de chimie organique	323
15.6 Autres utilisations de l'approximation	327
<b>Chapitre 16. Variation des amplitudes avec la position</b>	<b>331</b>
16.1 Les amplitudes le long d'une droite	331
16.2 La fonction d'onde	336
16.3 États de moment défini	339
16.4 Normalisation des états en $x$	342
16.5 L'équation de Schrödinger	345
16.6 Les niveaux d'énergie quantifiés	349

<b>Chapitre 17. Symétrie et lois de conservation</b>	<b>355</b>
17.1 La symétrie	355
17.2 Symétrie et conservation	359
17.3 Les lois de conservation	364
17.4 La lumière polarisée	367
17.5 La désintégration du $\Lambda^0$	370
17.6 Glossaire des matrices de rotation	376
<b>Chapitre 18. Le moment cinétique</b>	<b>379</b>
18.1 Le rayonnement du dipôle électrique	379
18.2 Diffusion de la lumière	382
18.3 L'annihilation du positronium	386
18.4 La matrice de rotation pour un spin quelconque	393
18.5 La mesure d'un spin nucléaire	398
18.6 Composition des moments cinétiques	400
<b>Chapitre 19. L'atome d'hydrogène et la table périodique</b>	<b>413</b>
19.1 L'équation de Schrödinger pour l'atome d'hydrogène	413
19.2 Les solutions à symétrie sphérique	415
19.3 Les états qui dépendent des angles	420
19.4 La solution générale pour l'hydrogène	426
19.5 Les fonctions d'onde pour l'hydrogène	430
19.6 La table périodique	432
<b>Chapitre 20. Opérations et opérateurs</b>	<b>441</b>
20.1 Opérations et opérateurs	441
20.2 L'énergie moyenne	444
20.3 L'énergie moyenne d'un atome	448
20.4 L'opérateur de position	450
20.5 L'opérateur d'impulsion	452
20.6 Le moment cinétique	458
20.7 La variation des moyennes avec le temps	461
<b>Chapitre 21. L'équation de Schrödinger dans un contexte : un séminaire sur la supra-conductivité</b>	<b>465</b>
21.1 L'équation de Schrödinger en présence d'un champ magnétique	465
21.2 L'équation de continuité pour les probabilités	468
21.3 Deux sortes d'impulsion	470
21.4 La signification de la fonction d'onde	472
21.5 La supra-conductivité	474
21.6 L'effet Meissner	476
21.7 Quantification du flux	479
21.8 La dynamique de la supra-conductivité	482
21.9 La jonction Josephson	484
<b>Épilogue</b>	<b>493</b>
<b>Annexes</b>	<b>494</b>
<b>Index</b>	<b>531</b>