

# Spis rzeczy

O Richardzie P. Feynmanie . . . . .	XI
<b>Przedmowa do <i>Nowego wydania milenijnego</i> . . . . .</b>	<b>XIII</b>
Wspomnienie o wykładach Feynmana . . . . .	XIV
Historia erraty . . . . .	XV
Jak powstało to <i>Nowe wydanie milenijne</i> . . . . .	XVII
Podziękowania . . . . .	XVIII
<b>Przedmowa Feynmana . . . . .</b>	<b>XXI</b>
<b>Słowo wstępne . . . . .</b>	<b>XXV</b>
<b>Od wydawnictwa (do wydań z lat 1968, 2001, 2007) . . . . .</b>	<b>XXIX</b>
<b>Od wydawnictwa do <i>Nowego wydania milenijnego</i> . . . . .</b>	<b>XXXI</b>
<b>3*) Amplitudy prawdopodobieństwa . . . . .</b>	<b>1</b>
3.1 Prawa składania amplitud . . . . .	1
3.2 Obraz interferencyjny dla układu dwóch szczelin . . . . .	7
3.3 Rozpraszanie na kryształach . . . . .	10
3.4 Cząstki identyczne . . . . .	13
<b>4 Cząstki identyczne . . . . .</b>	<b>18</b>
4.1 Dwa rodzaje cząstek – bozony i fermiony . . . . .	18
4.2 Stany z dwoma bozonami . . . . .	21
4.3 Stany z $n$ bozonami . . . . .	25
4.4 Emisja i absorpcja fotonów . . . . .	27
4.5 Widmo ciała doskonale czarnego . . . . .	29
4.6 Ciekły hel . . . . .	33
4.7 Zakaz Pauliego . . . . .	34
<b>5 Spin 1 . . . . .</b>	<b>39</b>
5.1 Filtrowanie atomów za pomocą urządzenia Sterna–Gerlacha . . . . .	39
5.2 Doświadczenia z filtrowanymi atomami . . . . .	44

\*) Polskie wydanie niniejszego tomu nie zawiera rozdziałów 1 i 2 wydania oryginalnego, gdyż rozdziały te odpowiadają dokładnie rozdziałom 37 i 38 tomu I, cz. 2 tego podręcznika (przyp. red.). Wydanie oryginalne tomu III zawiera również (jako Dodatek) rozdziały 34 i 35 z tomu II (w polskim wydaniu tom II, cz. 2).

5.3	Trzy filtry Sterna–Gerlacha ustawione jeden za drugim . . . . .	47
5.4	Stany bazy . . . . .	48
5.5	Interferencja amplitud . . . . .	51
5.6	Podstawowe metody mechaniki kwantowej . . . . .	55
5.7	Przejdźcie do innej bazy . . . . .	58
5.8	Inne sytuacje . . . . .	60
<b>6</b>	<b>Spin <math>\frac{1}{2}</math></b> . . . . .	<b>62</b>
6.1	Transformacje amplitud . . . . .	62
6.2	Transformacja do obróconego układu współrzędnych . . . . .	65
6.3	Obroty wokół osi $z$ . . . . .	69
6.4	Obroty o $180^\circ$ i $90^\circ$ wokół osi $y$ . . . . .	73
6.5	Obroty wokół osi $x$ . . . . .	76
6.6	Dowolne obroty . . . . .	77
<b>7</b>	<b>Zależność amplitud od czasu</b> . . . . .	<b>80</b>
7.1	Atomy w spoczynku; stany stacjonarne . . . . .	80
7.2	Ruch jednostajny . . . . .	84
7.3	Energia potencjalna; zachowanie energii . . . . .	87
7.4	Siły; granica klasyczna . . . . .	91
7.5	„Precesja” cząstki o spinie $\frac{1}{2}$ . . . . .	93
<b>8</b>	<b>Hamiltonian</b> . . . . .	<b>97</b>
8.1	Amplitudy i wektory . . . . .	97
8.2	Rozkład wektorów stanu . . . . .	100
8.3	Jakie są stany bazy świata? . . . . .	103
8.4	Jak stany zmieniają się w czasie? . . . . .	106
8.5	Hamiltonian . . . . .	110
8.6	Cząsteczka amoniaku . . . . .	112
<b>9</b>	<b>Cząsteczka amoniaku</b> . . . . .	<b>117</b>
9.1	Stany cząsteczki amoniaku . . . . .	117
9.2	Cząsteczka w statycznym polu elektrycznym . . . . .	122
9.3	Przejścia w polu zależnym od czasu . . . . .	127
9.4	Przejścia przy rezonansie . . . . .	130
9.5	Przejścia poza rezonansem . . . . .	133
9.6	Absorpcja światła . . . . .	134
<b>10</b>	<b>Inne układy o dwóch stanach</b> . . . . .	<b>137</b>
10.1	Jon cząsteczki wodoru . . . . .	137
10.2	Siły jądrowe . . . . .	144
10.3	Cząsteczka wodoru . . . . .	147
10.4	Cząsteczka benzenu . . . . .	150
10.5	Barwniki . . . . .	152
10.6	Hamiltonian cząstki o spinie $\frac{1}{2}$ w polu magnetycznym . . . . .	153
10.7	Elektron wirujący w polu magnetycznym . . . . .	156
<b>11</b>	<b>W dalszym ciągu układy o dwóch stanach</b> . . . . .	<b>161</b>
11.1	Macierze spinowe Pauliego . . . . .	161
11.2	Macierze spinowe jako operatory . . . . .	167
11.3	Rozwiązanie równań dla dwóch stanów . . . . .	170
11.4	Stany polaryzacyjne fotonu . . . . .	172
11.5	Neutralny mezon $K$ . . . . .	176
11.6	Uogólnienie na układ o $N$ stanach . . . . .	185

<b>12</b>	<b>Rozszczepienie nadsubtelne w wodorze</b>	<b>190</b>
12.1	Stany bazy układu dwóch cząstek o spinie $\frac{1}{2}$	190
12.2	Hamiltonian stanu podstawowego atomu wodoru	193
12.3	Poziomy energetyczne	199
12.4	Rozszczepienie zeemanowskie	201
12.5	Stany w polu magnetycznym	205
12.6	Macierz transformacji dla spinu 1	208
<b>13</b>	<b>Propagacja w sieci krystalicznej</b>	<b>212</b>
13.1	Stany elektronu w sieci jednowymiarowej	212
13.2	Stany o określonej energii	216
13.3	Stany zależne od czasu	220
13.4	Elektron w sieci trójwymiarowej	221
13.5	Inne stany w sieci krystalicznej	223
13.6	Rozpraszanie na nieregularnościach sieci	225
13.7	Pułapkowanie na niedoskonałościach sieci	228
13.8	Amplitudy rozpraszania i stany związane	229
<b>14</b>	<b>Półprzewodniki</b>	<b>231</b>
14.1	Elektrony i dziury w ciele stałym	231
14.2	Półprzewodniki domieszkowane	235
14.3	Zjawisko Halla	239
14.4	Złącza półprzewodnikowe	241
14.5	Prostujące własności złącza półprzewodnikowego	244
14.6	Tranzystor	246
<b>15</b>	<b>Przybliżenie cząstek niezależnych</b>	<b>249</b>
15.1	Fale spinowe	249
15.2	Dwie fale spinowe	254
15.3	Cząstki niezależne	256
15.4	Cząsteczka benzenu	258
15.5	Jeszcze trochę chemii organicznej	262
15.6	Inne przybliżenia	266
<b>16</b>	<b>Zależność amplitudy od położenia</b>	<b>268</b>
16.1	Zmiany amplitudy wzdłuż prostej	268
16.2	Funkcja falowa	274
16.3	Stany o określonym pędzie	277
16.4	Normalizacja stanów o określonym położeniu $x$	280
16.5	Równanie Schrödingera	283
16.6	Skwantowane poziomy energetyczne	287
<b>17</b>	<b>Symetria i zasady zachowania</b>	<b>290</b>
17.1	Symetria	290
17.2	Symetria i jej zachowanie	293
17.3	Prawa zachowania	298
17.4	Światło spolaryzowane	303
17.5	Rozpad $\Lambda^0$	305
17.6	Macierze obrotu	310
<b>18</b>	<b>Moment pędu</b>	<b>312</b>
18.1	Elektryczne promieniowanie dipolowe	312
18.2	Rozpraszanie światła	315
18.3	Anihilacja pozytonium	318
18.4	Macierze obrotu dla dowolnego spinu	324

18.5	Pomiar spinu jądra . . . . .	329
18.6	Składanie momentów pędu . . . . .	331
18.7	<i>Uzupełnienie 1.</i> Wyprowadzenie wzoru na elementy macierzy obrotu . . . . .	338
18.8	<i>Uzupełnienie 2.</i> Zachowanie parzystości w procesie emisji fotonu . . . . .	341
<b>19</b>	<b>Atom wodoru i układ okresowy pierwiastków . . . . .</b>	<b>343</b>
19.1	Równanie Schrödingera dla atomu wodoru . . . . .	343
19.2	Rozwiązania kulistosymetryczne . . . . .	345
19.3	Stany z zależnością kątową . . . . .	350
19.4	Ogólne rozwiązanie dla wodoru . . . . .	355
19.5	Funkcje falowe dla wodoru . . . . .	359
19.6	Układ okresowy pierwiastków . . . . .	361
<b>20</b>	<b>Operatory . . . . .</b>	<b>368</b>
20.1	Operacje i operatory . . . . .	368
20.2	Wartości średnie energii . . . . .	372
20.3	Średnia energia atomu . . . . .	375
20.4	Operator położenia . . . . .	378
20.5	Operator pędu . . . . .	380
20.6	Moment pędu . . . . .	386
20.7	Zależność wartości średnich od czasu . . . . .	388
<b>21</b>	<b>Równanie Schrödingera w kontekście klasycznym, seminarium poświęcone nadprzewodnictwu . . . . .</b>	<b>392</b>
21.1	Równanie Schrödingera w polu magnetycznym . . . . .	392
21.2	Równanie ciągłości dla prawdopodobieństwa . . . . .	396
21.3	Dwa rodzaje pędu . . . . .	398
21.4	Znaczenie funkcji falowej . . . . .	399
21.5	Nadprzewodnictwo . . . . .	401
21.6	Efekt Meissnera . . . . .	403
21.7	Kwantyzacja strumienia . . . . .	406
21.8	Dynamika nadprzewodnictwa . . . . .	409
21.9	Złącze Josephsona . . . . .	412
	<b>Epilog . . . . .</b>	<b>418</b>
	<b>Wykaz oznaczeń . . . . .</b>	<b>419</b>
	<b>Skorowidz nazwisk . . . . .</b>	<b>423</b>
	<b>Skorowidz rzeczowy . . . . .</b>	<b>425</b>