

Spis treści

Przedmowa.....	13
1. Wstęp	17
1.1. Jak pojawiły się kwanty?	17
1.2. Fotony	19
1.3. Pomiar polaryzacji fotonu	22
1.4. Fale materii	24
1.5. Analogie optyczno-mechaniczne	25
1.6. Zadania	28
2. Podstawowe pojęcia	30
2.1. Równanie Schrödingera.....	30
2.2. Funkcja falowa	34
2.3. Gęstość prądu prawdopodobieństwa	35
2.4. Funkcje własne i wartości własne	37
2.5. Wartości oczekiwane	37
2.6. Nieokreśloność położenia i pędu	39
2.7. Przykłady i zadania	41
3. Proste zastosowania jednowymiarowe	44
3.1. Cząstka swobodna	44
3.2. Potencjał odcinkowo stały	48
3.3. Próg potencjału	50
3.4. Amplituda odbicia i transmisji	53
3.5. Bariera potencjału	56
3.6. Macierz rozpraszania i macierz transferu	58
3.7. Nieskończenie głęboka studnia potencjału	62
3.8. Studnia o skończonej głębokości	64
3.9. Numeryczne rozwiązywanie równania Schrödingera	67
3.9.1. Oscylator harmoniczny	68
3.9.2. Atom wodoru	71
3.10. Przykłady i zadania	76
4. Narzędzia matematyczne.....	90

4.1.	Przestrzeń funkcyjna	90
4.2.	Baza funkcji ortogonalnych	91
4.3.	Relacja zupełności.....	92
4.4.	Inne bazy	92
4.5.	Notacja Diraca	93
4.6.	Przykłady i zadania	95
5.	Formalizm	97
5.1.	Wektor stanu	97
5.2.	Podstawowe własności operatorów	100
5.3.	Reprezentacje operatorów	102
5.4.	Operatory hermitowskie	102
5.5.	Inne operatory	103
5.6.	Operatory i wielkości fizyczne	106
5.7.	Nierówność Heisenberga	110
5.8.	Ewolucja wielkości fizycznych	111
5.9.	Zasada nieokreśloności dla energii i czasu	115
5.10.	Stany mieszane	116
5.11.	Operator gęstości	118
5.12.	Moment pędu	121
5.12.1.	Własności komutacyjne	121
5.12.2.	Wektory własne i wartości własne	124
5.13.	Moment pędu i kwadrat pędu	127
5.14.	Przykłady i zadania	129
6.	Rozwiązanie analityczne	140
6.1.	Równanie i szereg hipergeometryczny	140
6.2.	Równanie i szereg hipergeometryczny konfluentny	141
6.3.	Oscylator harmoniczny	142
6.4.	Atom wodoropodobny	145
6.5.	Przykłady i zadania	154
7.	Symetria w układach kwantowych.....	164
7.1.	Transformacje symetrii	164
7.2.	Transformacje dyskretne	165
7.3.	Transformacje ciągłe	168
7.4.	Symetria cechowania.....	170
7.5.	Przykład.....	173
8.	Spin	177
8.1.	Nowa wielkość fizyczna	177
8.2.	Operator spinu	179
8.3.	Transformacja obrotu	182
8.4.	Wektory własne	183
8.5.	Operator gęstości	184



8.6.	Precesja spinu w polu magnetycznym.....	186
8.7.	Spin w równowadze termodynamicznej	188
8.8.	Spin jako kubit	189
9.	Metody przybliżone	194
9.1.	Rachunek zaburzeń bez czasu	194
9.1.1.	Brak degeneracji.....	195
9.1.2.	Warunek stosowalności rachunku zaburzeń	197
9.1.3.	Degeneracja	198
9.2.	Rachunek zaburzeń z czasem.....	200
9.3.	Metoda wariacyjna	203
9.4.	Przykłady i zadania	206
10.	Układy wielu cząstek.....	216
10.1.	Układ dwóch cząstek	216
10.2.	Układ wielu cząstek	218
10.3.	Degeneracja wymiany	220
10.4.	Symetria przestawień	221
10.5.	Wektory stanu dwóch cząstek	223
10.6.	Operatory symetryzacji i antysymetryzacji	225
10.7.	Konsekwencje postulatu symetryzacji	225
10.8.	Bozony i statystyka Bosego–Einsteina	227
10.9.	Fermiony i statystyka Fermiego–Diraca	229
10.10.	Atom helu.....	231
10.11.	Przykłady	235
11.	Rozpraszanie cząstek	241
11.1.	Rozpraszanie elastyczne i przekrój czynny	241
11.2.	Stacjonarne stany rozproszeniowe	243
11.3.	Postać asymptotyczna i amplituda rozpraszania	244
11.4.	Przekrój czynny i amplituda rozpraszania	245
11.5.	Całkowe równanie rozpraszania.....	246
11.6.	Przybliżenie Borna	248
11.7.	Przykład.....	250
12.	Relatywistyczne równanie falowe.....	253
12.1.	Sformułowanie relatywistyczne	253
12.2.	Równanie Diraca.....	255
12.3.	Równanie Diraca w postaci współzmienniczej.....	258
12.4.	Gęstość prawdopodobieństwa	260
12.5.	Równanie Diraca dla cząstki spoczywającej.....	261
12.6.	Cząstka w polu siły centralnej i moment pędu	262
12.7.	Cząstka w polu elektromagnetycznym	264
12.8.	Granica nierelatywistyczna.....	267
12.9.	Oddziaływanie spin-orbita	269



A.	Wybrane wyniki fizyki klasycznej	273
A.1.	Sformułowanie wariacyjnej mechaniki	273
A.2.	Zasada Fermata	278
A.3.	Równanie falowe	279
A.4.	Efekty falowe	281
A.5.	Równanie ciągłości	283
A.6.	Prądy w ograniczonej objętości	285
A.7.	Promieniowanie ciała doskonale czarnego	288
A.8.	Szczególna teoria względności	293
B.	Uzupełnienia matematyczne	301
B.1.	Przykłady operatorów różniczkowych	301
B.1.1.	Współrzędne kartezjańskie	301
B.1.2.	Współrzędne sferyczne	301
B.2.	Transformacja Fouriera	303
B.3.	Funkcja delta Diraca i funkcja skokowa Heaviside'a	304
B.4.	Często spotykane całki	308
B.5.	Analogie ze zwykłą przestrzenią	312
B.6.	Metoda rozdzielania zmiennych	314
C.	Operatory	316
C.1.	Operatory liniowe	316
C.2.	Przykład operatora momentu pędu	317
C.3.	Różne komutatory ze składowymi operatora momentu pędu	318
C.4.	Podstawowe własności operatorów hermitowskich	320
C.5.	Operatory przemienne	322
C.6.	Zmiana reprezentacji operatora	324
C.7.	Ślad operatora	325
C.8.	Operator gęstości dla stanu czystego	326
C.9.	Reprezentacja położeniowa i pędowa	328
D.	Procedury numeryczne	333
D.1.	Metoda Rungego–Kutty	333
D.2.	Obliczenia numeryczne w programie <i>Mathematica</i>	333
D.3.	Obliczenia symboliczne w programie <i>Mathematica</i>	336
E.	Metoda algebry operatorów	338
E.1.	Oscylator harmoniczny	338
E.1.1.	Wartości własne	338
E.1.2.	Stan podstawowy	340
E.1.3.	Funkcja falowa	341
E.2.	Atom wodoru	342
E.2.1.	Równanie radialne w postaci operatorowej	342
E.2.2.	Rozwiązanie równania radialnego	344
E.2.3.	Wektor Rungego–Lenza	345



F. Zaburzenia i stany nierównowagi	353
F.1. Rachunek zaburzeń z czasem	353
F.1.1. Przybliżenie pierwszego rzędu	355
F.1.2. Przybliżenie drugiego rzędu	356
F.2. Reakcja na zaburzenie	357
F.2.1. Układ wieloelektronowy w równowadze	358
F.2.2. Odpowiedź ośrodka na zaburzenie równowagi	359
F.2.3. Odpowiedź elektronów na zaburzenie równowagi	360
G. Splątanie i nierówność Bella	362
G.1. Paradoks EPR	363
G.2. Nierówność Bella	366
G.3. Kwantowe przetwarzanie informacji	369
H. Reprezentacja liczb obsadzeń	374
H.1. Operatory polowe	374
H.2. Operator $\hat{N}$	375
H.3. Wektory własne operatora $\hat{N}$	377
H.4. Związek z układem wielu cząstek	380
H.5. Opis elektronów w kryształach i zjawisko ferromagnetyzmu	383
Bibliografia	389
Książki	389
Artykuły	390
Spis rysunków	392
Spis tablic	397
Indeks	398
Stałe fizyczne w różnych jednostkach i kilka ważnych wzorów	404

