

Spis treści

Przedmowa	XI
1. Obraz makroskopowy	1
1.1. Termodynamika	1
1.2. Parametry termodynamiczne	2
1.3. Granica termodynamiczna	3
1.4. Procesy termodynamiczne	4
1.5. Klasyczny gaz doskonały	7
1.6. Pierwsza zasada termodynamiki	8
1.7. Układy magnetyczne	8
Zadania	10
2. Ciepło i entropia	13
2.1. Równania dla ciepła	13
2.2. Gaz doskonały	14
2.3. Cykl Carnota	16
2.4. Druga zasada termodynamiki	18
2.5. Temperatura bezwzględna	18
2.6. Temperatura jako czynnik całkujący	20
2.7. Entropia	22
2.8. Entropia gazu doskonałego	23
2.9. Ograniczenia termodynamiki	25
Zadania	25
3. Zastosowania termodynamiki	29
3.1. Równanie dla energii	29
3.2. Niektóre mierzalne współczynniki termodynamiczne	30
3.3. Entropia a straty energii	31
3.4. Temperatura w funkcji entropii	33
3.5. Warunki równowagi	34
3.6. Energia swobodna Helmholtza	35
3.7. Potencjał Gibbsa	36
3.8. Równania Maxwella	36
3.9. Potencjał chemiczny	37
Zadania	37

4. Przejścia fazowe	42
4.1. Przejścia fazowe pierwszego rodzaju	42
4.2. Warunki współistnienia faz	44
4.3. Równanie Clapeyrona	45
4.4. Równanie stanu van der Waalsa	46
4.5. Rozwinięcie wirialne	47
4.6. Punkt krytyczny	48
4.7. Konstrukcja Maxwella	49
4.8. Skalowanie	50
Zadania	52
5. Podejście statystyczne	55
5.1. Obraz atomowy	55
5.2. Przestrzeń fazowa	57
5.3. Funkcja rozkładu	58
5.4. Hipoteza ergodyczna	59
5.5. Zespół statystyczny	60
5.6. Zespół mikrokanoniczny	60
5.7. Rozkład najbardziej prawdopodobny	62
5.8. Mnożniki Lagrange'a	63
Zadania	64
6. Rozkład Maxwella–Boltzmanna	67
6.1. Wyznaczanie parametrów	67
6.2. Ciśnienie gazu doskonałego	68
6.3. Ekwipartycja energii	69
6.4. Rozkład prędkości	70
6.5. Entropia	72
6.6. Wyprowadzenie termodynamiki	73
6.7. Fluktuacje	73
6.8. Czynniki Boltzmanna	75
6.9. Strzałka czasu	75
Zadania	77
7. Zjawiska transportu	81
7.1. Granica bezzderzeniowa i hydrodynamiczna	81
7.2. Demon Maxwella	83
7.3. Hydrodynamika nielepka	83
7.4. Fala dźwiękowa	85
7.5. Dyfuzja	86
7.6. Przewodnictwo cieplne	87
7.7. Lepkość	88
7.8. Równanie Naviera–Stokesa	89
Zadania	90
8. Statystyki kwantowe	93
8.1. Termiczna długość fali	93
8.2. Cząstki nierozróżnialne	95
8.3. Liczby obsadzeń	96
8.4. Spin	97
8.5. Zespół mikrokanoniczny	98

8.6.	Statystyka Fermiego	99
8.7.	Statystyka Bosego	100
8.8.	Wyznaczanie parametrów	101
8.9.	Ciśnienie	102
8.10.	Entropia	103
8.11.	Energia swobodna	104
8.12.	Równanie stanu	104
8.13.	Granica klasyczna	105
	Zadania	106
9.	Gaz Fermiego	109
9.1.	Energia Fermiego	109
9.2.	Stan podstawowy	110
9.3.	Temperatura Fermiego	111
9.4.	Własności niskotemperaturowe	112
9.5.	Cząstki i dziury	114
9.6.	Elektrony w ciałach stałych	115
9.7.	Półprzewodniki	116
	Zadania	118
10.	Gaz Bosego	120
10.1.	Fotony	120
10.2.	Wzmocnienie bozonowe	122
10.3.	Fonony	124
10.4.	Ciepło właściwe Debye'a	126
10.5.	Elektronowe ciepło właściwe	127
10.6.	Zachowanie liczby cząstek	128
	Zadania	129
11.	Kondensacja Bosego–Einsteina	132
11.1.	Makroskopowe obsadzenia	132
11.2.	Kondensat	134
11.3.	Równanie stanu	135
11.4.	Ciepło właściwe	136
11.5.	Powstawanie kondensatu	137
11.6.	Ciekły hel	139
	Zadania	140
12.	Zespół kanoniczny	143
12.1.	Zespół mikrokanoniczny	143
12.2.	Klasyczny zespół kanoniczny	143
12.3.	Suma statystyczna	146
12.4.	Związki z termodynamiką	146
12.5.	Fluktuacje energii	147
12.6.	Minimalizacja energii swobodnej	147
12.7.	Klasyczny gaz doskonały	149
12.8.	Zespół kwantowy	150
12.9.	Kwantowa suma statystyczna	151
12.10.	Wybór reprezentacji	152
	Zadania	152

13. Wielki zespół kanoniczny	157
13.1. Rezerwuuar cząstek	157
13.2. Wielka suma statystyczna	158
13.3. Fluktuacje liczby cząstek	158
13.4. Związki z termodynamiką	159
13.5. Fluktuacje krytyczne	160
13.6. Gazy kwantowe w wielkim zespole kanonicznym	161
13.7. Fluktuacje liczb obsadzeń	163
13.8. Fluktuacje fotonów	163
13.9. Krecja par	165
Zadania	166
14. Parametr porządku	170
14.1. Złamana symetria	170
14.2. Model spinu Isinga	172
14.3. Teoria Ginzburga–Landaua	175
14.4. Teoria pola średniego	177
14.5. Wykładniki krytyczne	178
14.6. Twierdzenie fluktuacyjno-dyssypacyjne	180
14.7. Długość korelacji	180
14.8. Uniwersalność	182
Zadania	182
15. Nadciekłość	185
15.1. Funkcja falowa kondensatu	185
15.2. Teoria pola średniego	186
15.3. Równanie Grossa–Pitajewskiego	188
15.4. Koherencja fazy kwantowej	189
15.5. Przepływ nadciekły	191
15.6. Nadprzewodnictwo	192
15.7. Efekt Meissnera	193
15.8. Kwanty strumienia indukcji magnetycznej	193
15.9. Złącze Josephsona	195
15.9.1. Efekt Josephsona dla prądu stałego	196
15.9.2. Efekt Josephsona dla prądu zmiennego	197
15.10. SQUID	198
Zadania	200
16. Szum	203
16.1. Fluktuacje termiczne	203
16.2. Szum Nyquista	204
16.3. Ruchy Browna	206
16.4. Teoria Einsteina	207
16.5. Dyfuzja	209
16.6. Związek Einsteina	211
16.7. Świat molekularny	212
16.8. Fluktuacje i dyssypacja	213
Zadania	214

17. Procesy stochastyczne	216
17.1. Przypadkowość i prawdopodobieństwo	216
17.2. Rozkład dwumianowy	217
17.3. Rozkład Poissona	219
17.4. Rozkład Gaussa	220
17.5. Centralne twierdzenie graniczne	221
17.6. Szum śrutowy	222
Zadania	225
18. Analiza szeregów czasowych	227
18.1. Zespół trajektorii	227
18.2. Widmo mocy i funkcja korelacji	228
18.3. Sygnał i szum	231
18.4. Prawdopodobieństwa przejścia	232
18.5. Procesy Markowa	233
18.6. Równanie Fokkera–Plancka	234
18.7. Równanie Langevina	236
18.8. Powrót do ruchów Browna	237
18.9. Metoda Monte Carlo	239
18.10. Symulacja modelu Isinga	241
Zadania	244
Dodatek. Uzupełnienia matematyczne	247
D.1. Przybliżenie Stirlinga	247
D.2. Funkcja delta	247
D.3. Różniczka zupełna	248
D.4. Pochodne cząstkowe	249
D.5. Reguła łańcuchowa	249
D.6. Mnożniki Lagrange’a	249
D.7. Sumowanie stanów kwantowych	250
D.8. Funkcje Fermiego	251
Literatura	254
Literatura w języku polskim	255
Skorowidz	256
Stale fizyczne i zamiana jednostek	260