

Obsah

Předmluva	1
1 Úvod	9
1.1 Statistická fyzika	9
1.2 Statistická fyzika a mechanika	10
1.3 Statistická fyzika a termodynamika	12
1.4 Statistická fyzika a matematika	13
1.4.1 Pravděpodobnost	14
1.4.2 Počítání s pravděpodobnostmi	15
1.4.3 Střední hodnota, standardní odchylka	16
2 Popis systémů ve statistické fyzice	19
2.1 Klasické systémy	19
2.1.1 Základní pojmy a metody	20
2.1.2 Rozdělovací funkce a střední hodnoty veličin	25
2.1.3 Liouvilleův teorém pro hustotu pravděpodobnosti	29
2.2 Kvantové systémy	33
2.2.1 Základní pojmy	34
2.2.2 Matice hustoty a kvantová souborová střední hodnota	36
2.2.3 Liouvilleův teorém pro matici hustoty pravděpodobnosti	39
2.2.4 Popis některých kvantových systémů	39
3 Ω a jeho význam	41

3.1	Fázový objem a Ω volné částice	41
3.1.1	Fázový objem odpovídající pohybu volné částice	41
3.1.2	Ω volné částice	43
3.1.3	Objem elementární buňky fázového prostoru	45
3.2	Ω makroskopických systémů a souvislost s termodynamikou	45
3.2.1	Ω ideálního jednoatomového plynu	46
3.2.2	Ω a termodynamické veličiny	48
4	Mikrokanonický soubor	51
4.1	Vlastnosti mikrokanonického souboru	51
4.1.1	Rozdělovací funkce	51
4.1.2	Střední hodnoty veličin v mikrokanonického souboru	52
4.1.3	Mikrokanonický soubor a termodynamické veličiny	53
4.2	Jednoatomový ideální plyn	54
4.2.1	Počet dostupných μ -stavů	54
4.2.2	Termodynamika ideálního plynu	55
5	Kanonický soubor	57
5.1	Kanonické rozdělení	57
5.1.1	Odvození kanonické rozdělovací funkce	59
5.1.2	Tvar kanonického rozdělení	61
5.2	Střední hodnoty makroskopických veličin	61
5.2.1	Střední energie	62
5.2.2	Střední kvadratická odchylka energie	62
5.2.3	Střední hodnota zobecněné síly – tlak	63
5.3	Partiční funkce a termodynamické veličiny	64
5.3.1	Partiční funkce a její vlastnosti	66
6	Aplikace kanonického rozdělení	69
6.1	Paramagnetismus	69

6.1.1	Curieho zákon	70
6.1.2	Srovnání s experimentálními daty	72
6.2	Ideální plyn	72
6.2.1	Partiční funkce jednoatomového ideálního plynu	72
6.2.2	Termodynamika ideálního plynu	74
6.2.3	Gibbsův paradox	75
6.3	Ekvipartiční teorém a jeho aplikace	77
6.3.1	Odvození ekvipartičního teorému	78
6.3.2	Střední kinetická energie jednoatomové molekuly plynu	80
6.3.3	Brownův pohyb	80
6.3.4	Střední energie harmonického oscilátoru	81
7	Tepelné kapacity pevných látek	85
7.1	Dulong–Petitův zákon	85
7.2	Einsteinova teorie	87
7.2.1	Vysokoteplotní a nízkoteplotní limit	89
7.2.2	Srovnání s experimentálními hodnotami	90
7.3	Debyeova teorie	90
7.3.1	Vibrace krystalové mřížky v normálních souřadnicích	91
7.3.2	Vnitřní energie ideálního krystalu	93
7.3.3	Debyeova aproximace a počet vlnových módů v kontinuu	94
7.3.4	Tepelná kapacita ideálního krystalu	97
7.3.5	Vysokoteplotní a nízkoteplotní limit	98
7.3.6	Srovnání s experimentálními hodnotami	99
8	Ideální klasický plyn	101
8.1	Specifikace ideálního klasického plynu	101
8.1.1	Ideální aproximace	101
8.1.2	Klasická aproximace	102
8.1.3	Kvantové a klasické plyny	104

8.2	Partiční funkce víceatomových molekul	107
8.2.1	Partiční funkce translační	108
8.2.2	Partiční funkce rotační	109
8.2.3	Partiční funkce vibrační	111
8.2.4	Partiční funkce elektronového obalu	112
8.3	Tepelné kapacity ideálních klasických plynů	112
8.3.1	Klasicky z ekvipartičního teorému	113
8.3.2	Kvantově z partičních funkcí	115
8.4	Maxwellovo–Boltzmannovo rozdělení	119
8.4.1	Rozdělení vektoru rychlosti	120
8.4.2	Rozdělení složky rychlosti	122
8.4.3	Rozdělení rychlostí molekul	124
9	Grandkanonický soubor	127
9.1	Grandkanonické rozdělení	128
9.1.1	Odvození grandkanonické rozdělovací funkce	129
9.2	Grandkanonická partiční funkce a termodynamické veličiny	131
10	Kvantové statistiky	133
10.1	Rozdělení částic z hlediska vlastností Ψ	133
10.2	Formulace problému	135
10.2.1	Planckova statistika	136
10.3	Kvantové statistiky	137
10.3.1	Fermi–Diracova statistika	139
10.3.2	Bose–Einsteinova statistika	139
10.3.3	Klasická limita kvantových statistik	140
11	Aplikace Bose–Einsteinova rozdělení	141
11.1	Záření absolutně černého tělesa	141
11.1.1	Rayleigh–Jeansův zákon	142

11.1.2	Planckův zákon	144
11.1.3	Wienův posunovací zákon	146
11.1.4	Stefanův–Boltzmannův zákon	147
11.2	Bose–Einsteinův kondenzát	147
11.2.1	Vznik B–E kondenzátu	148
11.2.2	Tepelná kapacita B–E plynu	151
11.2.3	Supratekutost ^4He	151
11.2.4	Supravodivost	153
12	Aplikace Fermi–Diracova rozdělení	155
12.1	Elektronový plyn v kovech	155
12.1.1	Fermi–Diracovo rozdělení pro elektronový plyn	156
12.1.2	Termodynamické vlastnosti elektronového plynu pro $T > 0$	159
12.2	Stabilita degenerovaných hvězd	163
12.2.1	Poloměr bílých trpaslíků	164
12.2.2	Chandrasekharovo kritérium	166
12.2.3	Poloměr neutronových hvězd	168
12.2.4	Oppenheimer–Volkovovo kritérium	168
Literatura		169

1. Odvodit konkrétní hodnoty měřitelných veličin, které popisují systémy v termodynamické rovnováze ve všech možných skupenstvích. Takovými veličinami je například tlak P , vnitřní energie U , magnetizace M , tepelné kapacity C_V , C_P , koeficienty tepelné objemové roztažnosti látek a podobně.
2. Odvodit stavové rovnice systémů, například termickou stavovou rovnici ideálního plynu $pV = \bar{n}nT$, izotropního plynu $P = \frac{1}{3}\sigma T^4$, kde σ je konstanta ze Stefanova–Boltzmannova zákona a dalších.
3. Odvodit rozdělovací funkce například energie nebo rychlosti částic v různých systémech v ter-