
Indice

1	Suonando ad orecchio	1
1.1	La freccia del tempo	2
1.1.1	Il mistero della termodinamica	3
1.1.2	Equilibrio e tempi di osservazione	4
1.2	Un po' di meccanica (ma non solo)	5
1.2.1	Pressione e lavoro su un fluido	5
1.2.2	Solidi e deformazione plastica	6
1.2.3	La tensione superficiale	6
1.2.4	Omaggio a Maxwell	10
1.3	Entra in scena la primadonna: l'entropia	12
1.3.1	La natura del calore	12
1.3.2	Entropia ed irreversibilità	14
1.4	Altri personaggi (in ordine di apparizione)	18
1.4.1	Una valida "spalla": l'energia libera	18
1.4.2	Un coprotagonista: il potenziale chimico	19
1.4.3	Estensività ed omogeneità	21
1.4.4	Qualche comparsa: potenziali per tutti i gusti	22
2	Il rigo, la misura, soprattutto la chiave di violino	25
2.1	Qualche indizio ed un primo identikit	25
2.1.1	Espansione libera di un gas	25
2.1.2	Cessione isoterma di calore	26
2.1.3	Compressione adiabatica	27
2.2	Dal macroscopico al microscopico	29
2.2.1	Il mondo delle mele di Newton	29
2.2.2	Il mondo dei gatti di Schrödinger	35
2.2.3	Microstati, stato macroscopico, equilibrio	40
2.2.4	Densità di stati ed energia	41
2.3	Boltzmann e la chiave di violino	46
2.4	Il "Piccolo Veicolo": la distribuzione microcanonica	49
2.4.1	Ritorno alla termodinamica	53

2.5	Un'applicazione semplice (ma non "elementare")	58
2.5.1	Il paradosso di Gibbs	60
2.5.2	Indistinguibilità e approssimazione di Maxwell-Boltzmann	61
*2.6	Alle radici dell'irreversibilità	63
*2.6.1	L'equazione di Boltzmann e l'ipotesi del "caos molecolare"	63
*2.6.2	Reversibilità e condizioni iniziali	66
*2.6.3	Corsi e ricorsi nella storia: l'obiezione di Zermelo	69
*2.6.4	Non solo condizioni iniziali: grandezze macroscopiche ed irreversibilità	71
*2.6.5	Irreversibilità e "caos"	74
*2.6.6	L'orologio irreversibile di Kac	76
3	Ritmi e melodie elementari	81
3.1	Il "Grande Veicolo": la distribuzione canonica	81
3.1.1	Valori medi e fluttuazioni	84
3.1.2	L'energia libera	86
3.1.3	Distribuzione di probabilità per le fluttuazioni	87
3.1.4	Distribuzione canonica: la prospettiva di Gibbs	88
3.2	Sistemi di particelle indipendenti	90
3.2.1	Particelle identiche ma <i>distinguibili</i>	91
3.2.2	Particelle indistinguibili	92
3.2.3	L'approssimazione di Maxwell-Boltzmann (MB)	95
3.3	Il gas ideale	96
3.3.1	Gas classico monatomico	96
3.3.2	Cenni ai gas poliatomici	97
3.4	Vibrazioni e calore specifico dei solidi	103
3.4.1	Oscillazioni degli atomi su un reticolo cristallino	104
3.4.2	Democrazia statistica: il teorema di equipartizione	105
3.4.3	Il modello di Einstein	107
3.4.4	Il modello di Debye	109
3.5	Il paramagnetismo	113
3.5.1	Il modello di Langevin	116
3.5.2	Descrizione quantistica	117
3.5.3	Capacità termica paramagnetica	118
3.5.4	Raffreddamento magnetico e "temperature negative"	119
3.5.5	"No spin, no party": il magnetismo classico non esiste!	123
4	Accordi fluidi	127
4.1	Giano bifronte: le due facce dello stato fluido	127
4.1.1	L'integrale configurazionale	128
4.1.2	L'approccio di campo medio	129
4.1.3	Potenziale efficace e funzione di partizione	130
4.1.4	L'equazione di stato di van der Waals	133
4.1.5	Energia libera e coesistenza delle fasi	136

4.1.6	Intermezzo: far statistica sotto pressione	138
4.1.7	Coesistenza delle fasi, comportamento critico, nucleazione	142
4.2	Dai plasmi al DNA: i fluidi carichi	147
4.2.1	L'equazione di Poisson-Boltzmann	148
4.2.2	Teoria lineare di Debye-Hückel	150
4.2.3	Potenziale efficace	153
4.2.4	Proprietà termodinamiche	155
*4.3	Accordi sì, ma all'italiana: la struttura dei liquidi	156
*4.3.1	La funzione di distribuzione a coppie	156
*4.3.2	Distribuzione a coppie, funzione di partizione e correlazioni	158
*4.3.3	$g(r)$ e termodinamica	162
*4.3.4	Gas reali: l'espansione del viriale	165
*4.3.5	Scattering e struttura dei liquidi	167
*4.3.6	Struttura di un sistema di sfere rigide	171
5	Scale in crescendo	177
5.1	Il ferromagnetismo	178
5.1.1	Aspetti fenomenologici	178
5.1.2	Domini ferromagnetici	179
5.1.3	Alle radici del ferromagnetismo: le forze di scambio	181
5.1.4	Il modello di Curie-Weiss	187
5.1.5	Esponenti critici	192
5.2	Passaggi e paesaggi critici	193
5.2.1	Rottura spontanea di simmetria	194
5.2.2	Punti critici e universalità	196
5.2.3	Altre criticità	197
5.2.4	Modello generale di Landau	200
5.3	Oltre il campo medio (cenni)	206
5.3.1	Modello di Ising	206
5.3.2	Relazioni di <i>scaling</i>	207
5.3.3	Trasformazioni a blocchi e rinormalizzazione	210
6	Indistinguibili armonie	215
6.1	Sistemi aperti	215
6.1.1	La distribuzione gran-canonica (GC)	215
6.1.2	Il gran-potenziale	217
6.1.3	Il limite termodinamico: equivalenza delle descrizioni	219
6.2	Superfici e adsorbimento	220
6.2.1	Capacità termica	221
6.3	Campi esterni e sistemi non omogenei	222
6.3.1	La legge barometrica	223
*6.4	Ancora sui liquidi: fluttuazioni e struttura	224
6.5	Contare l'indistinguibile: le statistiche quantistiche	225
6.5.1	La statistica di Fermi-Dirac	226
6.5.2	La statistica di Bose-Einstein	227

6.5.3	Il limite classico	227
6.5.4	I gas debolmente degeneri	228
*6.6	Britannici bosoni e teutonici fermioni	230
*6.6.1	Urti tra particelle identiche	231
*6.6.2	Il principio del bilancio dettagliato	235
6.7	Il gas di Fermi	237
6.7.1	Fattore di Fermi	237
6.7.2	Comportamento nel limite di temperatura nulla	239
6.7.3	Gran-potenziale	240
6.7.4	Andamento qualitativo di μ con la temperatura	240
6.7.5	Approssimazione per basse temperature ($T \ll T_F$)	241
6.7.6	Gli elettroni nei metalli (cenni)	244
6.8	Il gas di Bose	246
6.8.1	Il fattore di Bose	246
6.8.2	La condensazione di Bose–Einstein (BEC)	249
6.8.3	La condensazione come transizione di fase	252
6.8.4	Atomi in trappola: la BEC diviene realtà	254
6.9	Incostanti fotoni	255
6.9.1	Numero medio di fotoni e legge di Planck	256
6.9.2	Equazione di stato ed entropia del gas di fotoni	257
6.10	Superfluidi (cenni)	257
6.10.1	Effetti speciali nell'He II	259
6.10.2	Il modello di Tisza e Landau	261
Appendice A Note matematiche		267
A.1	Calcolo combinatorio	267
A.2	Funzioni (e non) di particolare interesse	270
A.3	Integrali utili	273
Appendice B L'entropia statistica		275
B.1	Entropia ed informazione	276
B.2	Il problema delle variabili continue	280
Appendice C L'equazione di Boltzmann		283
C.1	L'equazione di Boltzmann in assenza di collisioni	284
C.2	Collisioni e <i>Stosszahlansatz</i>	285
C.3	L'equilibrio e la distribuzione di Maxwell-Boltzmann	288
C.4	Il teorema H	289
C.5	RTA e conducibilità elettrica dei metalli	291
Appendice D Moto browniano e processi di diffusione		295
Lecture consigliate		301
Indice analitico		303

Note di fisica statistica

Piazza, R.

2011, XII, 309 pagg., Softcover

ISBN: 978-88-470-1964-5