

Massimo Falcioni · Angelo Vulpiani

Meccanica Statistica Elementare

I fondamenti

 Springer

Indice

1	Il problema di fondo	1
1.1	I paradossi	1
1.2	Cercando di superare i paradossi	4
1.3	Un'analogia dalla teoria delle probabilità	7
1.3.1	Qualche commento sulle probabilità	8
1.4	Ritorno alla Meccanica Statistica	11
1.5	Ruolo della dinamica	16
1.6	Lecture consigliate	17
2	Dalla Meccanica alla Termodinamica	19
2.1	Ipotesi ergodica e densità microcanonica	19
2.2	Commenti e osservazioni sull'ergodicità	21
2.3	L'entropia	29
2.4	Lecture consigliate	34
3	Il Microcanonico e oltre	35
3.1	Osservazioni preliminari sui volumi e sull'entropia	36
3.2	Dall'insieme microcanonico a quello canonico	38
3.3	La distribuzione di Maxwell-Boltzmann	40
3.4	Gli <i>ensembles</i>	43
3.5	Ergodicità e simulazioni numeriche	46
3.5.1	La dinamica molecolare	47
3.5.2	L'algoritmo di Verlet	48
3.5.3	Il metodo Monte Carlo	49
3.6	Lecture consigliate	50
4	Il problema dell'irreversibilità macroscopica	51
4.1	Il problema dell'irreversibilità	51
4.2	L'equazione di Boltzmann	53
4.2.1	Due paradossi apparentemente insormontabili	57
4.2.2	La risposta di Boltzmann	59

4.3	Un modello probabilistico in cui tutto è chiaro	61
4.3.1	Caos molecolare nel modello di Ehrenfest	62
4.3.2	Tempi di ricorrenza	64
4.4	Ancora sull'irreversibilità	64
4.5	Considerazioni finali	66
4.6	Letture consigliate	68
5	Studiare il mondo atomico con la meccanica statistica	69
5.1	Meccanica statistica ed esperimenti	70
5.1.1	La distribuzione di Maxwell	70
5.1.2	La distribuzione di Fermi-Dirac	72
5.1.3	Il problema del potenziale di interazione	74
5.2	Contare gli atomi senza poterli vedere: il moto Browniano	75
5.2.1	Un po' di storia	75
5.2.2	La teoria di Einstein nella versione di Langevin	77
5.2.3	L'equazione di Langevin a tempi discreti	79
5.2.4	Gli esperimenti di Perrin	80
5.2.5	L'importanza storica e concettuale del moto Browniano	81
5.3	Le fluttuazioni sono piccole ma rivelabili	81
5.4	Le dimensioni delle molecole	84
5.4.1	Qualche calcolo semplice	84
5.4.2	Dalla termodinamica ai potenziali di interazione	86
5.4.3	Osservazioni conclusive	87
5.5	Letture consigliate	88
Appendice A	Osservazioni su esponenziali e potenze	89
A.1	Le funzioni	89
A.2	Gli integrali	92
A.3	Volumi	95
Appendice B	Legge dei grandi numeri, piccole e grandi fluttuazioni	97
B.1	Dalla legge binomiale al teorema del limite centrale	97
B.2	Oltre il limite centrale	99
B.3	Grandi deviazioni	101
Appendice C	Un altro modo di scrivere la densità nel microcanonico	105
Appendice D	La teoria di Einstein del moto Browniano	107
Appendice E	Relazione di Taylor-Kubo per il coefficiente di diffusione	111
Appendice F	Lo sviluppo del viriale per gas debolmente interagenti	113
Appendice G	Le catene di Markov in due parole	117
Appendice H	Tempi di ricorrenza	121

Appendice I	Un tributo a Ludwig Boltzmann, il grande visionario	123
Indice analitico		131