
Prefazione

La meccanica statistica è spesso vista, in particolare nei corsi universitari introduttivi, come una materia ancillare di supporto allo studio della struttura della materia. A causa di questa impostazione, e anche della necessità di arrivare velocemente a fornire agli studenti strumenti per affrontare calcoli specifici, le parti di tipo più concettuale (quelle che coinvolgono la teoria ergodica e le connessioni tra meccanica statistica e calcolo delle probabilità) vengono ignorate o, nel migliore dei casi, accennate velocemente all'inizio del corso.

La meccanica statistica spesso sembra una sorta di metodologia generale, con deboli legami con la fisica delle cose che si toccano. Lo studente più attento rimane, per quanto riguarda aspetti come l'ergodicità, gli insiemi statistici e l'irreversibilità, con la sensazione di qualcosa di sospeso e vago, argomenti che (così viene spesso detto) in fondo non sono veramente essenziali per andare avanti.

Il problema si ripete anche su aspetti meno formali. Anche in alcuni buoni libri manca una pur rapida discussione delle evidenze sperimentali sulla validità della meccanica statistica e del suo utilizzo per determinare le caratteristiche del mondo atomico, combinando esperimenti e teoria. Per nostra esperienza diretta possiamo dire con certezza che la stragrande maggioranza degli studenti termina il corso di laurea triennale in fisica senza avere un'idea di come sia stato possibile determinare il numero di Avogadro e le caratteristiche essenziali del potenziale di interazione tra le molecole.

Lo scopo di questo libretto è riempire queste lacune discutendo gli aspetti di tipo fondamentale, sia di carattere fisico che concettuale, della meccanica statistica; in particolare:

- chiarire la rilevanza fisica dell'ipotesi ergodica e la sua connessione con la probabilità e gli insiemi statistici;
- discutere l'importanza dei tanti gradi di libertà coinvolti negli oggetti macroscopici;
- mostrare come, con l'ausilio di semplici risultati di meccanica statistica, sia possibile determinare le principali proprietà fisiche del mondo atomico;
- chiarire i principali aspetti tecnici e concettuali dell'irreversibilità.

Lo schema del libro è il seguente:

- Il Capitolo iniziale introduce i problemi di fondo della connessione tra termodinamica e meccanica statistica, con qualche accenno al ruolo della probabilità, la dinamica e i tanti gradi di libertà.
- Nei Capitoli 2 e 3 viene presentata l'ipotesi ergodica, la sua connessione con gli insiemi statistici, i suoi limiti e una sua versione debole che è interessante per gli oggetti macroscopici.
- Il Capitolo 4 è dedicato all'irreversibilità, argomento affascinante e ancora controverso: si cerca di mostrare come molti aspetti oscuri scompaiano se si accetta di considerare sistemi macroscopici.
- Il Capitolo 5 discute come, con l'aiuto della meccanica statistica, sia possibile determinare le proprietà fondamentali dei potenziali efficaci di interazione tra le molecole, la loro massa e il numero di Avogadro. Una particolare attenzione è dedicata al moto browniano.
- L'ultima parte è costituita da una serie di Appendici che sono state introdotte per diversi motivi. Alcune contengono risultati tecnici, utili per la discussione generale, che abbiamo preferito inserire alla fine del libro, per non spezzare il discorso e per non appesantire la presentazione. Altre sono dei complementi tecnici o concettuali di interesse per i lettori più esigenti; abbiamo inoltre inserito brevi note storiche.

A scanso di equivoci, diciamo esplicitamente che il termine "elementare" nel titolo è da intendersi come fondamentale, non come semplice.

Su alcune questioni basilari, quali, ad esempio, il ruolo dell'ergodicità e l'origine dell'irreversibilità, esistono punti di vista diversi da quello qui esposto, che noi riteniamo essere il più soddisfacente dal punto di vista concettuale e il più aderente alle idee di L. Boltzmann.

Il libro può essere utilizzato come un testo complementare ai tanti buoni libri di meccanica statistica, i prerequisiti richiesti sono solo la matematica di base a livello universitario, conoscenze elementari di meccanica statistica e probabilità.

Desideriamo ringraziare Luca Peliti, che ci ha incoraggiato a scrivere questo libro un po' fuori dagli usuali schemi; Luca Cerino, Sergio Ciuchi e Andrea Puglisi, che hanno letto parti del manoscritto dandoci utili suggerimenti. Un particolare ringraziamento va ad Andrea Gnoli, per l'attenta lettura di una prima versione del libro e a Sergio Ciuchi, per averci fornito alcune figure.

Roma,
primavera 2014

Massimo Falcioni
Angelo Vulpiani

Meccanica Statistica Elementare

I fondamenti

Falcioni, M.; Vulpiani, A.

2015, IX, 133 pagg. 9 figg., Hardcover

ISBN: 978-88-470-5652-7