

LA FISICA **5** DI BERKELEY

FISICA STATISTICA

Per la preparazione di questo corso
la Education Development Center è stata sovvenzionata
dalla National Science Foundation.

FREDERICK REIF

professore di Fisica presso l'università di California, Berkeley



ZANICHELLI
BOLOGNA

INDICE

IX	PREFAZIONE A «LA FISICA DI BERKELEY»
XI	PREFAZIONE AL VOLUME FISICA STATISTICA
XIII	RINGRAZIAMENTI
XV	PER L'INSEGNANTE
XIX	CONSIGLI ALLO STUDENTE

1

1	CARATTERISTICHE TIPICHE DEI SISTEMI MACROSCOPICI
3	1.1. Fluttuazioni all'equilibrio
11	<i>Esempio</i>
14	1.2. Irreversibilità e avvicinamento all'equilibrio
16	<i>Esempio</i>
20	<i>Esempio</i>
21	<i>Esempio</i>
22	<i>Esempio</i>
23	1.3. Ulteriori esempi
33	1.4. Proprietà dello stato di equilibrio
	Semplicità dello stato di equilibrio
34	<i>Esempio - Fluttuazioni di densità in un gas</i>
35	<i>Esempio - Fluttuazioni di un pendolo di torsione</i>
36	<i>Esempio - Moto browniano di una particella</i>
37	<i>Esempio - Fluttuazione della tensione ai capi di un resistore</i>
38	1.5. Calore e temperatura
43	1.6. Grandezze tipiche
51	1.7. Problemi importanti di fisica macroscopica
56	Sommario delle definizioni
56	Problemi
59	Ulteriori letture

2

60	CONCETTI FONDAMENTALI SULLA PROBABILITÀ
61	2.1. Insiemi statici
62	<i>Esempio - Lancio di monete o di dadi</i>
64	<i>Esempio</i>
69	<i>Esempio</i>
70	2.2. Relazioni elementari fra probabilità
71	<i>Esempio</i>
72	<i>Esempio</i>
73	2.3. La distribuzione binomiale

82	<i>Esempio - Gas ideale di N molecole</i>
82	<i>Esempio - Lancio di monete o di dadi</i>
83	2.4. Valori medi
85	<i>Esempio</i>
88	<i>Esempio</i>
89	2.5. Calcolo dei valori medi per un sistema di spin
93	<i>Esempio</i>
97	2.6. Distribuzioni continue di probabilità
102	Sommario delle definizioni
103	Relazioni importanti
103	Problemi
108	Ulteriori letture

3

109 DESCRIZIONE STATISTICA DEI SISTEMI DI PARTICELLE

110	3.1. Specificazione dello stato di un sistema
111	<i>Esempio 1 - Spin singolo</i>
112	<i>Esempio 2 - Sistema ideale di N spin</i>
113	<i>Esempio 3 - Particella in una scatola unidimensionale</i>
115	<i>Esempio 4 - Particella in una scatola tridimensionale</i>
117	<i>Esempio 5 - Gas ideale di N particelle in una scatola</i>
119	3.2. Insieme statistico
122	<i>Esempio 1</i>
122	<i>Esempio 2</i>
123	3.3. Postulati statistici
124	<i>Esempio</i>
126	<i>Esempio</i>
129	3.4. Calcoli di probabilità
130	<i>Esempio 1</i>
131	<i>Esempio 2</i>
132	3.5. Numero di stati accessibili a un sistema macroscopico
133	<i>Esempio 1 - Particella singola in una scatola unidimensionale</i>
134	<i>Esempio 2 - Particella singola in una scatola tridimensionale</i>
139	3.6. Vincoli, equilibrio e irreversibilità
139	<i>Esempio</i>
141	<i>Esempio</i>
143	<i>Esempio</i>
143	<i>Esempio 1</i>
144	<i>Esempio 2</i>
145	3.7. Interazione fra sistemi
153	Sommario delle definizioni
153	Relazioni importanti
154	Problemi
157	Ulteriori letture

VI

4

158 INTERAZIONE TERMICA

159	4.1. Distribuzione di energia fra sistemi macroscopici
160	<i>Esempio</i>
163	<i>Esempio - Andamento del massimo di $P(E)$</i>
165	4.2. L'avvicinamento all'equilibrio termico

167	4.3. Temperatura
168	<i>Esempi di termometri</i>
174	4.4. Piccoli trasferimenti di calore
176	4.5. Sistema in contatto con un serbatoio di calore
178	<i>Esempio</i>
181	4.6. Paramagnetismo
186	4.7. Energia media di un gas ideale
193	4.8. Pressione media di un gas ideale
197	Sommario delle definizioni
197	Relazioni importanti
198	Problemi
208	Ulteriori letture

5

209	TEORIA MICROSCOPICA E MISURE MACROSCOPICHE
209	5.1. Determinazione della temperatura assoluta
215	5.2. Temperature assolute alte e basse
220	5.3. Lavoro, energia interna e calore
221	<i>Esempio 1 - Lavoro meccanico</i>
222	<i>Esempio 2 - Lavoro elettrico</i>
224	<i>Esempio 3 - Misura elettrica dell'energia interna</i>
225	<i>Esempio 4 - Misura diretta del calore per mezzo del lavoro</i>
226	<i>Esempio 5 - Misura del calore per confronto</i>
228	5.4. Capacità termica
230	5.5. Entropia
234	<i>Esempio</i>
235	5.6. Parametri intensivi ed estensivi
236	Sommario delle definizioni
237	Relazioni importanti
237	Problemi
243	Ulteriori letture

6

245	DISTRIBUZIONE CANONICA NELL'APPROSSIMAZIONE CLASSICA
245	6.1. L'approssimazione classica
250	<i>Esempio</i>
253	6.2. La distribuzione maxwelliana delle velocità
257	6.3. Discussione della distribuzione di Maxwell
265	6.4. Diffusione e raggi molecolari
271	6.5. Il teorema di equipartizione
274	6.6. Applicazioni del teorema di equipartizione
276	6.7. Il calore specifico dei solidi
283	Sommario delle definizioni
283	Relazioni importanti
284	Problemi
289	Ulteriori letture

7

290	INTERAZIONE TERMODINAMICA GENERALE
290	7.1. Dipendenza del numero di stati dai parametri esterni

296	7.2. Relazioni generali valide all'equilibrio
301	7.3. Applicazioni a un gas ideale
307	7.4. Principi fondamentali della termodinamica statistica
311	7.5. Condizioni di equilibrio
317	7.6. Equilibrio tra fasi
325	7.7. Passaggio dal disordine all'ordine
334	Sommario delle definizioni
335	Relazioni importanti
335	Problemi
341	Ulteriori letture

8

343 TEORIA CINETICA ELEMENTARE DEI PROCESSI DI TRASPORTO

344	8.1. Cammino libero medio
348	8.2. Viscosità e trasporto di quantità di moto
357	8.3. Conducibilità termica e trasporto di energia Definizione del coefficiente di conducibilità termica
361	8.4. Autodiffusione e trasporto di molecole
366	8.5. Conducibilità elettrica e trasporto di carica
369	Sommario delle definizioni
369	Relazioni importanti
370	Problemi
374	Ulteriori letture

375 APPENDICE

375	A.1. Distribuzione di Gauss
380	A.2. Distribuzione di Poisson
383	A.3. Ampiezza delle fluttuazioni di energia
386	A.4. Urti molecolari e pressione in un gas

390 NOTE MATEMATICHE

390	M.1. La notazione di sommatoria
391	M.2. Somma di una serie geometrica
391	M.3. Derivata di $\ln n!$ per n grande
392	M.4. Valore di $\ln n!$ per n grande
393	M.5. La disuguaglianza $\ln x \leq x-1$

394	M.6. Calcolo dell'integrale $\int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2} dx$
-----	---

VIII	395	M.7. Calcolo di integrali della forma $\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x^2} x^n dx$
------	-----	--

397 PROBLEMI SUPPLEMENTARI

400 TABELLE

402 SOLUZIONI DEI PROBLEMI

407 INDICE ANALITICO