

potrà essere necessario utilizzare concetti introdotti precedentemente. I problemi di abilità sono tratti dalla sezione a risposte libere degli *Advanced Placement Examination*.

In generale, è buona prassi di tentare dapprima di risolvere un problema in forma simbolica oppure algebrica e di inserire i valori numerici soltanto alla fine. Se non riuscite a risolvere un problema assegnato in un tempo ragionevole lasciatelo da parte e riprovate in un secondo tempo. Per quei pochi problemi che non riuscirete a risolvere, dovrete cercare un aiuto. Il libro *How to Solve It* (seconda edizione), di G. Polya (Garden City, N.Y.: Doubleday, 1957) potrà esservi di guida, insegnandovi il *metodo* per risolvere i problemi.

La fisica è una scienza quantitativa che, per esprimere le sue leggi, necessita della matematica. Tutta la matematica utilizzata in questo libro può essere trovata in un normale testo di algebra, che dovrete consultare ogni volta che non comprenderete un procedimento matematico. Per nessun motivo dovrete sentirvi scoraggiati da qualche difficoltà matematica; se avrete qualche difficoltà in questo campo, consultate il vostro docente, oppure qualche studente più preparato. Per il fisico e per l'ingegnere la matematica è uno strumento, ed è di importanza secondaria per comprendere i concetti fisici. Per vostra comodità, alcune delle relazioni matematiche più importanti sono riportate in un'appendice al termine del libro.

Tutti i calcoli fisici devono essere eseguiti utilizzando un appropriato sistema di unità di misura. In questo libro si fa uso del SI (sistema internazionale). Potrete, dapprima, trovarlo scomodo; esso tuttavia richiede soltanto un piccolo sforzo per essere maneggiato con facilità. Esso, inoltre, è il sistema utilizzato in tutti i più importanti laboratori di ricerca del mondo, e sta diventando di uso generale in tutte le pubblicazioni scientifiche più importanti. Sarà buona prassi utilizzare sin dall'inizio un calcolatore meccanico oppure elettronico; la precisione di questi strumenti e la possibilità che essi vi offrono di ottenere risultati intermedi vi risparmierà parecchie ore di calcolo. I regoli calcolatori meccanici, anche i più semplici, hanno una precisione sino alla terza cifra, che, in generale, è sufficiente per i problemi contenuti in questo testo. I calcolatori elettronici tascabili hanno una precisione molto maggiore e costituiscono uno strumento indispensabile per lo scienziato del futuro.

Nel testo non viene dato grande rilievo agli aspetti storici della fisica. Per gli studenti interessati all'evoluzione delle idee nella fisica, in un contesto storico, sono disponibili numerosi testi specializzati. In particolare, raccomandiamo il bel libro di Holton e Roller, *Foundations of Modern Physical Science*, seconda edizione (Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1973).

## Sommario

### 1 Introduzione, 1

1.1 Cosa è la Fisica? 2; 1.2 Le parti classiche della Fisica, 2; 1.3 La nostra visione dell'universo, 3; 1.4 Interazioni, 8; 1.5 Collegamenti tra la Fisica e le altre scienze, 10; 1.6 Il metodo sperimentale, 11

### 2 Misure e unità di misura, 15

2.1 Introduzione, 16; 2.2 Misure, 16; 2.3 Grandezze e unità fondamentali, 17; 2.4 Densità, 20; 2.5 Angoli piani, 22

### 3 Vettori, 25

3.1 Concetto di direzione, 26; 3.2 Scalari e vettori, 27; 3.3 Somma di vettori, 28; 3.4 Componenti di un vettore, 31; 3.5 Somma di più vettori, 34; 3.6 Applicazione a problemi cinematici, 35; 3.7 Prodotto scalare, 37; 3.8 Prodotto vettoriale, 39; 3.9 Rappresentazione vettoriale di una superficie, 41

### 4 Forze, 47

4.1 Introduzione, 48; 4.2 Composizione di forze concorrenti, 47; 4.3 Momento, 48; 4.4 Momento di più forze concorrenti, 51; 4.5 Forze applicate a un corpo rigido, 52; 4.6 Composizione di forze parallele, 54; 4.7 Centro di massa, 56; 4.8 Equilibrio di una particella, 58; 4.9 Equilibrio di un corpo solido, 60

## PARTE UNO: MECCANICA, 69

### 5 Cinematica, 71

5.1 Introduzione, 72; 5.2 Moto rettilineo: velocità, 73; 5.3 Moto rettilineo: accelerazione, 76; 5.4 Rappresentazione vettoriale di velocità e accelerazione nel moto rettilineo, 77; 5.5 Moto curvilineo: velocità, 83; 5.6 Moto curvilineo: accelerazione, 85; 5.7 Moto con accelerazione costante: moto dei proiettili, 86; 5.8 Componenti tangenziale e normale dell'accelerazione, 90; 5.9 Moto circolare: velocità angolare, 93; 5.10 Moto circolare: accelerazione, 96; 5.11 Moto curvilineo generale in un piano, 98

**6 Moto relativo, 105**

6.1 Introduzione, 106; 6.2 Velocità relativa, 106; 6.3 Moto relativo traslatorio uniforme, 108; 6.4 Moto relativo rotatorio uniforme, 111; 6.5 Moto relativo alla terra, 114; 6.6 La trasformazione di Lorentz, 119; 6.7 Trasformazione delle velocità, 123; 6.8 Conseguenze della trasformazione di Lorentz, 124

**7 Dinamica di una particella, 135**

7.1 Introduzione, 136; 7.2 Il principio di inerzia, 136; 7.3 Massa, 138; 7.4 Quantità di moto, 140; 7.5 Principio di conservazione della quantità di moto, 141; 7.6 Seconda e terza legge di Newton, 144; 7.7 Il concetto di forza, 147; 7.8 Forze di attrito, 151; 7.9 Forze di attrito nei fluidi, 154; 7.10 Sistemi a massa variabile, 157; 7.11 Moto curvilineo, 160; 7.12 Momento angolare, 164; 7.13 Forze centrali, 166

**8 Lavoro ed energia, 181**

8.1 Introduzione, 182; 8.2 Lavoro, 183; 8.3 Potenza, 185; 8.4 Unità di lavoro e di potenza, 186; 8.5 Energia cinetica, 189; 8.6 Lavoro di una forza costante, 190; 8.7 Energia potenziale, 193; 8.8 Conservazione dell'energia di una particella, 198; 8.9 Moto rettilineo sotto l'azione di forze conservative, 200; 8.10 Moto sotto l'azione di forze centrali conservative, 201; 8.11 Discussione sulle curve dell'energia potenziale, 203; 8.12 Forze non conservative, 207; 8.13 Conclusioni, 210

**9 Dinamica di un sistema di particelle, 217**

9.1 Introduzione, 228; 9.2 Moto del centro di massa di un sistema di particelle, 218; 9.3 Massa ridotta, 225; 9.4 Momento angolare di un sistema di particelle, 228; 9.5 Energia cinetica di un sistema di particelle, 233; 9.6 Conservazione dell'energia di un sistema di particelle, 235; 9.7 Analisi della conservazione dell'energia, 236; 9.8 Urti, 240; 9.9 Moto dei fluidi, 247

**10 Dinamica di un corpo rigido, 261**

10.1 Introduzione, 262; 10.2 Momento angolare di un corpo rigido, 263; 10.3 Calcolo del momento d'inerzia, 266; 10.4 Equazione del moto rotatorio di un corpo rigido, 271; 10.5 Energia cinetica di rotazione, 276; 10.6 Moto giroscopico, 278

**11 Dinamica delle alte energie, 293**

11.1 Introduzione, 294; 11.2 Il principio di relatività classico, 294; 11.3 Il principio di relatività ristretta, 296; 11.4 Quantità di moto, 298; 11.5 Forza, 300; 11.6 Energia, 302; 11.7 Trasformazione dell'energia e della quantità di moto, 306; 11.8 Sistemi di particelle, 308; 11.9 Urti ad alta energia, 310

**12 Moto oscillatorio, 321**

12.1 Introduzione, 322; 12.2 Cinematica del moto armonico semplice, 322; 12.3 Forza ed energia nel moto armonico semplice, 325; 12.4 Dinamica del moto armonico semplice, 327; 12.5 Il pendolo semplice, 328; 12.6 Il pendolo fisico, 331; 12.7 Sovrapposizione di due MAS: ugual direzione e ugual frequenza, 333; 12.8 Sovrapposizione di due MAS: ugual direzione e diversa frequenza, 336; 12.9 Sovrapposizione

di due MAS: direzioni perpendicolari, 337; 12.10 Oscillatori accoppiati, 340; 12.11 Oscillazioni non armoniche, 345; 12.12 Oscillazioni smorzate, 347; 12.13 Oscillazioni forzate, 350; 12.14 Analisi di Fourier del moto periodico, 354

**13 Gravitazione, 363**

13.1 Introduzione, 364; 13.2 La legge di gravitazione, 367; 13.3 Massa inerziale e gravitazionale, 370; 13.4 Energia potenziale gravitazionale, 371; 13.5 Moto generale dovuto a interazione gravitazionale, 377; 13.6 Campo gravitazionale, 382; 13.7 Campo gravitazionale di un corpo sferico, 387; 13.8 Principio di equivalenza, 393; 13.9 Gravitazione e forze intermolecolari, 396

**14 Meccanica statistica, 405**

14.1 Introduzione, 406; 14.2 Temperatura, 406; 14.3 Temperatura del gas perfetto, 407; 14.4 Temperatura ed energia molecolare, 409; 14.5 Equazione di stato di un gas perfetto, 411; 14.6 Equazione di stato di un gas reale, 415; 14.7 Equilibrio statistico: la legge di distribuzione di Maxwell-Boltzmann, 421; 14.8 Distribuzione di energia e di velocità delle molecole di un gas, 424; 14.9 Sistemi a molte particelle: lavoro, 427; 14.10 Sistemi a molte particelle: calore, 430; 14.11 Nuova formulazione della conservazione dell'energia: il primo principio della termodinamica, 432; 14.12 Calore specifico, 434; 14.13 Trasformazioni reversibili e irreversibili, 437; 14.14 Entropia, 439; 14.15 Relazione tra entropia e calore, 440; 14.16 La tendenza all'equilibrio: il secondo principio della termodinamica, 444

**15 Fenomeni di trasporto, 455**

15.1 Introduzione, 456; 15.2 Diffusione molecolare; legge di Fick, 456; 15.3 Conduzione termica; legge di Fourier, 463; 15.4 Viscosità, 470; 15.5 Trasporto con produzione e assorbimento, 476; 15.6 Cammino libero medio, frequenza di collisione, e sezione d'urto di collisione, 479; 15.7 Teoria molecolare dei fenomeni di trasporto, 484

**Appendice: relazioni matematiche; tabelle, 493**

**Risposte ai problemi, 507**

**Indice analitico, 521**

**Tabelle A-1 — A-4, 529**