

# Collana di Fisica e Astronomia

A cura di:

Giorgio Parisi  
Michele Cini  
Stefano Forte  
Massimo Inguscio  
Guido Montagna  
Oreste Nicosini  
Franco Pacini  
Luca Peliti  
Alberto Rotondi

# **Esercizi di Fisica: Meccanica e Termodinamica**

G. Dalba, P. Fornasini

# **Esercizi di Fisica: Meccanica e Termodinamica**

 Springer

GIUSEPPE DALBA, PAOLO FORNASINI  
Dipartimento di Fisica  
Università di Trento

Springer-Verlag fa parte di Springer Science+Business Media

springer.it

© Springer-Verlag Italia, Milano 2006

ISBN 10 88-470-0404-7

ISBN 13 978-88-470-0404-7

Quest'opera è protetta dalla legge sul diritto d'autore. Tutti i diritti, in particolare quelli relativi alla traduzione, alla ristampa, all'uso di figure e tabelle, alla citazione orale, alla trasmissione radiofonica o televisiva, alla riproduzione su microfilm o in database, alla diversa riproduzione in qualsiasi altra forma (stampa o elettronica) rimangono riservati anche nel caso di utilizzo parziale. Una riproduzione di quest'opera, oppure di parte di questa, è anche nel caso specifico solo ammessa nei limiti stabiliti dalla legge sul diritto d'autore, ed è soggetta all'autorizzazione dell'Editore. La violazione delle norme comporta sanzioni previste dalla legge.

L'utilizzo di denominazioni generiche, nomi commerciali, marchi registrati, ecc., in quest'opera, anche in assenza di particolare indicazione, non consente di considerare tali denominazioni o marchi liberamente utilizzabili da chiunque ai sensi della legge sul marchio.

Riprodotta da copia camera-ready fornita dagli Autori  
Progetto grafico della copertina: Simona Colombo, Milano  
Stampato in Italia: Signum, Bollate (Mi)

# Prefazione

La soluzione di esercizi rappresenta non solo uno strumento di verifica dell'apprendimento, ma anche e soprattutto un modo per meglio comprendere e assimilare i concetti di base e le procedure logiche della Fisica.

Questa raccolta è nata da una lunga pratica degli Autori nell'insegnamento della Meccanica e della Termodinamica nei corsi di laurea in Fisica, Matematica e Ingegneria presso l'Università di Trento.

Il primo capitolo è dedicato alla presentazione di alcuni importanti "strumenti di lavoro": si inizia con i sistemi di unità di misura (in particolare il Sistema Internazionale) e con l'uso dell'analisi dimensionale; si passa poi al significato e all'uso delle cifre significative e delle tecniche per l'arrotondamento; vengono infine forniti suggerimenti per disegnare in modo corretto ed efficace grafici con scale lineari e non lineari.

I capitoli successivi contengono gli esercizi, suddivisi per argomenti: statica, cinematica, dinamica del punto, dinamica dei sistemi, dinamica del corpo rigido, oscillazioni, termodinamica. Generalmente, la statica viene introdotta come caso particolare della dinamica. La scelta di iniziare questa raccolta dalla statica consente di acquistare subito familiarità con il formalismo vettoriale. La definizione di forza basata sui principi della dinamica verrà comunque introdotta nel capitolo dedicato alla dinamica del punto.

Ogni capitolo si articola in paragrafi, costituiti da una scheda riassuntiva e da alcuni esercizi completamente svolti. Ogni capitolo si conclude con una serie di problemi non risolti.

Le schede riassuntive hanno lo scopo di richiamare in modo sintetico concetti che si suppongono già acquisiti in forma sistematica e approfondita seguendo le lezioni in aula e studiando i libri di testo. Le schede di questo volume non costituiscono (e quindi non sostituiscono) un libro di testo.

Gli esercizi completamente svolti hanno lo scopo di familiarizzare lo studente con una metodologia di risoluzione razionale, basata sempre sull'analisi accurata dei dati a disposizione e sul riferimento ai principi e alle leggi della Fisica, mai sulla sola intuizione. Si raccomanda lo studente di cercare di risolvere da solo anche gli esercizi completamente svolti, e solo dopo di confrontarsi con la

nostra soluzione. Gli si consiglia anche di riflettere sugli argomenti evidenziati da un punto interrogativo al termine degli esercizi.

Al termine del volume si possono trovare le soluzioni dei problemi non risolti che concludono ogni capitolo.

Povo (Trento),  
settembre 2005

*Giuseppe Dalba*  
*Paolo Fornasini*

# Sommario

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| <b>1</b> | <b>Introduzione: strumenti di lavoro</b> .....       | 1   |
| 1.1      | Sistemi di unità di misura .....                     | 1   |
| 1.2      | Il Sistema Internazionale .....                      | 2   |
| 1.3      | Altri sistemi di unità di misura .....               | 3   |
| 1.4      | Analisi dimensionale .....                           | 5   |
| 1.5      | Cifre significative e arrotondamenti .....           | 9   |
| 1.6      | Grafici .....  | 11  |
| <b>2</b> | <b>Statica</b> .....                                 | 15  |
| 2.1      | Forze attive e reazioni vincolari .....              | 15  |
| 2.2      | Forze concorrenti .....                              | 17  |
| 2.3      | Momento di una forza .....                           | 22  |
| 2.4      | Forze complanari .....                               | 24  |
| 2.5      | Forze parallele nello spazio .....                   | 26  |
| 2.6      | Equilibrio di una carrucola .....                    | 35  |
| 2.7      | <i>Problemi non risolti</i> .....                    | 40  |
| <b>3</b> | <b>Cinematica</b> .....                              | 45  |
| 3.1      | Moto unidimensionale .....                           | 45  |
| 3.2      | Moto tridimensionale .....                           | 54  |
| 3.3      | Moto circolare .....                                 | 63  |
| 3.4      | Cinematica dei moti relativi .....                   | 72  |
| 3.5      | <i>Problemi non risolti</i> .....                    | 82  |
| <b>4</b> | <b>Dinamica del punto</b> .....                      | 87  |
| 4.1      | I principi della dinamica .....                      | 87  |
| 4.2      | Lavoro ed energia - Conservazione dell'energia ..... | 97  |
| 4.3      | Momento angolare di un punto materiale .....         | 112 |
| 4.4      | Dinamica dei moti relativi .....                     | 118 |
| 4.5      | Attrito tra superfici solide .....                   | 126 |
| 4.6      | <i>Problemi non risolti</i> .....                    | 135 |
| <b>5</b> | <b>Dinamica dei sistemi</b> .....                    | 141 |
| 5.1      | Quantità di moto di un sistema .....                 | 141 |
| 5.2      | Energia di un sistema .....                          | 146 |

|          |   |     |
|----------|---|-----|
| 5.3      | Momento angolare di un sistema              | 150 |
| 5.4      | Urti  | 156 |
| 5.5      | Meccanica dei fluidi                        | 167 |
| 5.6      | Gravitazione                                | 175 |
| 5.7      | <i>Problemi non risolti</i>                 | 184 |
| <b>6</b> | <b>Dinamica del corpo rigido</b>            | 189 |
| 6.1      | Densità, centro di massa, momento d'inerzia | 189 |
| 6.2      | Rotazione intorno ad un asse fisso          | 196 |
| 6.3      | Moto generico del corpo rigido              | 217 |
| 6.4      | Rotolamento                                 | 232 |
| 6.5      | <i>Problemi non risolti</i>                 | 243 |
| <b>7</b> | <b>Oscillazioni</b>                         | 251 |
| 7.1      | Oscillatore armonico                        | 251 |
| 7.2      | Uso dei numeri complessi                    | 262 |
| 7.3      | Oscillazioni smorzate                       | 264 |
| 7.4      | Oscillazioni forzate                        | 270 |
| 7.5      | <i>Problemi non risolti</i>                 | 288 |
| <b>8</b> | <b>Termodinamica: i principi</b>            | 291 |
| 8.1      | Equilibrio termodinamico e trasformazioni   | 291 |
| 8.2      | Primo principio della termodinamica         | 295 |
| 8.3      | Gas ideali                                  | 301 |
| 8.4      | Secondo principio della termodinamica       | 316 |
| 8.5      | L'entropia                                  | 328 |
| 8.6      | <i>Problemi non risolti</i>                 | 345 |
| <b>A</b> | <b>Unità di misura</b>                      | 349 |
| A.1      | Sistema Internazionale (S.I.)               | 349 |
| A.2      | Unità di misura non ammesse dal S.I.        | 353 |
| A.3      | Sistemi anglosassoni                        | 354 |
| A.4      | Unità non S.I. di uso corrente in Fisica    | 355 |
| A.5      | Sistema c.g.s. di Gauss                     | 356 |
|          | <b>Soluzioni</b>                            | 357 |