

**Marcelo Alonso**

**Edward J. Finn**

*1<sup>er</sup> CYCLE • IUT • PRÉPAS*

# **Physique générale**

## **1. Mécanique et thermodynamique**

Cours et exercices corrigés



**2<sup>e</sup> édition**

**DUNOD**

# TABLE DES MATIÈRES

**Préface de la deuxième édition v xv**

**Préface des traducteurs xix**

**Note à l'usage de l'étudiant xxi**

---

## **Chapitre 1 Introduction**

---

1.1 Qu'est-ce que la physique? 2 □ 1.2 Les branches classiques  
de la physique 2 □ 1.3 Notre vue de l'univers 3 □ 1.4  
Interactions 8 □ 1.5 La relation entre la physique et les autres  
sciences 10 □ 1.6 La méthode expérimentale 11

---

## **Chapitre 2 Mesures et unités**

---

2.1 Introduction 16 □ 2.2 La mesure 16 □ 2.3 Grandeurs  
fondamentales et unités 17 □ 2.4 Densité 20 □ 2.5 Angles dans  
le plan 21

---

## **Chapitre 3 Vecteurs**

---

3.1 Notion de direction 26 □ 3.2 Scalaires et vecteurs 27 □ 3.3  
Addition de vecteurs 28 □ 3.4 Composantes d'un vecteur  
31 □ 3.5 Addition de plusieurs vecteurs 34 □ 3.6 Application  
aux problèmes de cinématique 35 □ 3.7 Produit scalaire  
37 □ 3.8 Produit vectoriel 39 □ 3.9 Représentation vectorielle  
d'une surface 41

**Chapitre 4 Forces**

- 4.1 Introduction 48  4.2 Composition de forces concourantes 48  
 4.3 Moment 49  4.4 Moment de plusieurs forces  
 concourantes 51  4.5 Forces appliquées à un corps solide 52   
 4.6 Composition de forces parallèles 54  4.7 Centre de gravité 56  
 4.8 Équilibre d'une particule 58  4.9 Équilibre d'un corps  
 solide 60

**PREMIÈRE  
PARTIE****MÉCANIQUE****Chapitre 5****Cinématique** *complet*

- 5.1 Introduction 74  5.2 Mouvement rectiligne: vitesse  
 75  5.3 Mouvement rectiligne: accélération 78  5.4  
 Représentation vectorielle de la vitesse et de l'accélération dans un  
 mouvement rectiligne 80  5.5 Mouvement curviligne: vitesse  
 85  5.6 Mouvement curviligne: accélération 87  5.7  
 Mouvement uniformément accéléré: mouvement d'un projectile 89  
 5.8 Composantes tangentielle et normale de l'accélération 93  
 5.9 Mouvement circulaire: vitesse angulaire 96  5.10  
 Mouvement circulaire: accélération 99  5.11 Mouvement  
 curviligne général dans un plan 101

**Chapitre 6****Mouvement relatif**

- 6.1 Introduction 110  6.2 Vitesse relative 110  6.3  
 Mouvement relatif uniforme de translation 112  6.4  
 Mouvement relatif uniforme de rotation 115  6.5 Mouvement  
 par rapport à la terre 118  6.6 La transformation de Lorentz  
 123  6.7 Transformation des vitesses 127  6.8 Conséquences  
 de la transformation de Lorentz 128

**Chapitre 7****Dynamique d'une particule** ✓

- 7.1 Introduction 140  7.2 La loi d'inertie 140  7.3 Masse  
 142  7.4 Quantité de mouvement 144  7.5 Principe de  
 conservation de la quantité de mouvement 145  7.6 Deuxième  
 et troisième lois de Newton 148  7.7 La notion de force  
 151  7.8 Forces de frottement 155  7.9 Forces de frottement  
 dans les fluides 158  7.10 Systèmes de masse variable 161  
 7.11 Mouvement curviligne 164  7.12 Moment cinétique  
 167  7.13 Forces centrales 169

**Chapitre 8 Travail et énergie**

8.1 Introduction 186 □ 8.2 Travail 187 □ 8.3 Puissance 189  
 □ 8.4 Unités de travail et de puissance 190 □ 8.5 Énergie  
 cinétique 193 □ 8.6 Travail d'une force constante 194 □ 8.7  
 Énergie potentielle 197 □ 8.8 Conservation de l'énergie d'une  
 particule 202 □ 8.9 Mouvement rectiligne sous l'action de forces  
 dérivant d'un potentiel 204 □ 8.10 Mouvement sous l'action de  
 forces centrales dérivant d'un potentiel 205 □ 8.11 Discussion  
 des courbes d'énergie potentielle 208 □ 8.12 Forces ne dérivant  
 pas d'un potentiel 212 □ 8.13 Conclusion 214

**Chapitre 9 Dynamique d'un système de particules**

9.1 Introduction 224 □ 9.2 Mouvement du centre de gravité d'un  
 système de particules 224 □ 9.3 Masse réduite 231 □ 9.4  
 Moment cinétique d'un système de particules 235 □ 9.5 Énergie  
 cinétique d'un système de particules 240 □ 9.6 Conservation de  
 l'énergie d'un système de particules 241 □ 9.7 Analyse de la  
 conservation de l'énergie 243 □ 9.8 Chocs 247 □ 9.9  
 Mouvement d'un fluide 254

**Chapitre 10 Dynamique d'un solide**

10.1 Introduction 268 □ 10.2 Moment cinétique d'un solide  
 269 □ 10.3 Calcul du moment d'inertie 272 □ 10.4 Équation  
 du mouvement dans le cas de la rotation d'un solide 277 □ 10.5  
 Énergie cinétique de rotation 282 □ 10.6 Mouvement du  
 gyroscope 284

**Chapitre 11 Dynamique des hautes énergies**

11.1 Introduction 300 □ 11.2 Principe classique de relativité  
 300 □ 11.3 Principe de la relativité restreinte 302 □ 11.4  
 Quantité de mouvement 304 □ 11.5 Force 306 □ 11.6 Énergie  
 308 □ 11.7 Transformation de l'énergie et de la quantité de  
 mouvement 312 □ 11.8 Systèmes de particules 315 □ 11.9  
 Collisions aux hautes énergies 316

**Chapitre 12 Mouvement vibratoire**

12.1 Introduction 330 □ 12.2 Cinématique du mouvement  
 sinusoïdal 330 □ 12.3 Force et énergie dans le mouvement  
 sinusoïdal 333 □ 12.4 Dynamique du mouvement sinusoïdal  
 335 □ 12.5 Le pendule simple 336 □ 12.6 Le pendule composé

## Table des Matières

339 □ 12.7 Superposition de deux mouvements sinusoïdaux de même direction et de même fréquence 341 □ 12.8 Superposition de deux mouvements sinusoïdaux de même direction et de fréquences différentes 344 □ 12.9 Superposition de deux mouvements sinusoïdaux de directions perpendiculaires 346 □ 12.10 Oscillateurs couplés 349 □ 12.11 Oscillateurs anharmoniques 353 □ 12.12 Oscillations amorties 356 □ 12.13 Vibrations forcées 358 □ 12.14 Analyse de Fourier d'un mouvement périodique 362

### Chapitre 13 Gravitation

---

13.1 Introduction 374 □ 13.2 La loi de la gravitation 377 □ 13.3 Masse d'inertie et masse de gravitation 380 □ 13.4 Énergie potentielle de gravitation 381 □ 13.5 Étude générale du mouvement sous l'action de l'interaction de gravitation 387 □ 13.6 Champ gravitationnel 392 □ 13.7 Champ gravitationnel dû à un corps sphérique 397 □ 13.8 Principe d'équivalence 403 □ 13.9 Gravitation et forces intermoléculaires 406

### Chapitre 14 Mécanique statistique

---

14.1 Introduction 416 □ 14.2 Température 416 □ 14.3 La température du gaz parfait 417 □ 14.4 Température et énergie moléculaire 419 □ 14.5 Équation d'état d'un gaz parfait 421 □ 14.6 Équation d'état d'un gaz réel 424 □ 14.7 Équilibre statistique: la loi de Maxwell-Boltzmann 430 □ 14.8 Énergie et distribution des vitesses des molécules dans un gaz 434 □ 14.9 Systèmes à grand nombre de particules: travail 437 □ 14.10 Systèmes à grand nombre de particules: chaleur 440 □ 14.11 Nouvelle formulation de la conservation de l'énergie: premier principe de la thermodynamique 442 □ 14.12 Chaleur spécifique molaire 444 □ 14.13 Processus réversibles et irréversibles 448 □ 14.14 Entropie 450 □ 14.15 Relation entre l'entropie et la chaleur 451 □ 14.16 La tendance vers l'équilibre: second principe de la thermodynamique 455

### Chapitre 15 Phénomènes de transport

---

15.1 Introduction 468 □ 15.2 Diffusion moléculaire; la loi de Fick 468 □ 15.3 Conduction de la chaleur; la loi de Fourier 475 □ 15.4 Viscosité 481 □ 15.5 Transport avec production et absorption 487 □ 15.6 Libre parcours moyen, fréquence de collision et section efficace de collision 490 □ 15.7 Théorie moléculaire des phénomènes de transport 495

**Appendice: Formules et tables mathématiques 503**

**Réponses aux exercices 515**

**Index 533**

**Tableaux A1 à A4 541**

SCIENCES SUP



Marcelo Alonso • Edward J. Finn  
*Texte français de Michel Daune*

2<sup>e</sup> édition

# PHYSIQUE GÉNÉRALE

## 1. Mécanique et thermodynamique

La physique est une science fondamentale qui a une profonde influence sur toutes les autres sciences. Les futurs physiciens et les futurs ingénieurs ne sont pas les seuls qui doivent avoir parfaitement compris ces idées fondamentales. Tous ceux qui envisagent une carrière scientifique (y compris les étudiants qui se spécialisent en biologie, en chimie et en mathématiques), doivent avoir acquis la même compréhension.

Le but premier du cours de physique générale est de donner à l'étudiant une vue unifiée de la physique. Ce cours en deux tomes présente donc les idées fondamentales constituant l'essentiel de la physique contemporaine.

Il s'adresse aux étudiants de premier cycle, des classes préparatoires aux grandes écoles et des IUT scientifiques. Il sera aussi utilisé avec profit par les enseignants du secondaire désireux de se recycler.

Ce premier tome présente, outre la mécanique classique, une introduction à la thermodynamique et à la mécanique statistique.

Le deuxième volume étudie les phénomènes d'interaction, et donc de champs. L'électromagnétisme est couvert très en détail ; l'ouvrage se termine par une introduction à la mécanique quantique.

Ces deux tomes proposent de très nombreux exercices, tous corrigés.

MARCELO ALONSO appartient au Département des Affaires scientifiques de l'Organisation des États américains.

EDWARD J. FINN est professeur à l'université de Georgetown.

MATHÉMATIQUES

PHYSIQUE

CHIMIE

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

INFORMATIQUE

SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE



9 782100 055647

ISBN 2 10 005564 X  
Code 045564

<http://www.dunod.com>

