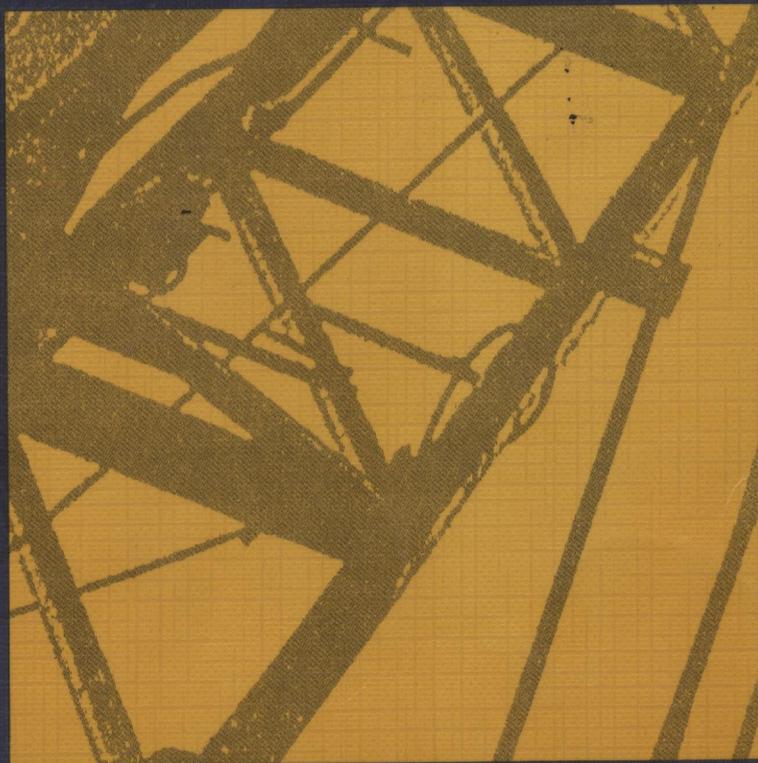


G I A N C O L I

PHYSIQUE GÉNÉRALE 1

MÉCANIQUE ET THERMODYNAMIQUE



de boeck

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS IX

NOTES AUX ÉTUDIANTS ET AUX PROFESSEURS XIV

1

INTRODUCTION 1

- 1.1 La science et la créativité 1
 - 1.2 Les modèles, les théories et les lois 4
 - 1.3 Les mesures et le degré d'incertitude 5
 - 1.4 Les unités, les étalons et le système SI 6
 - 1.5 Les quantités fondamentales et les quantités dérivées 8
 - 1.6 Les dimensions et l'analyse dimensionnelle 8
 - 1.7 L'ordre de grandeur: une estimation rapide 10
- RÉSUMÉ 12
QUESTIONS 12
PROBLÈMES 13

2

LE MOUVEMENT: LA CINÉMATIQUE EN UNE DIMENSION 15

- 2.1 La vitesse 16 —
- 2.2 Les systèmes de référence 16
- 2.3 Les changements d'unités 17
- 2.4 La vitesse moyenne et le déplacement 18
- 2.5 La vitesse instantanée 19
- 2.6 L'accélération 21
- 2.7 Le mouvement uniformément accéléré 26

- 2.8 La chute des objets 30
 - 2.9 La variable d'accélération — L'analyse graphique et l'utilisation du calcul intégral 34
 - 2.10 La variable d'accélération — L'intégration numérique 39
- RÉSUMÉ 41
QUESTIONS 42
PROBLÈMES 43

3

LA CINÉMATIQUE EN DEUX OU EN TROIS DIMENSIONS 48

- 3.1 Les vecteurs et les grandeurs scalaires 48
 - 3.2 L'addition des vecteurs — Les méthodes graphiques 48
 - 3.3 La soustraction des vecteurs et la multiplication d'un vecteur par une grandeur scalaire 50
 - 3.4 La méthode analytique d'addition des vecteurs; les composantes 51
 - 3.5 Les vecteurs unitaires 53
 - 3.6 La vitesse relative 54
 - 3.7 La cinématique vectorielle 56
 - 3.8 Le mouvement d'un projectile 60
 - 3.9 Le mouvement circulaire uniforme 67
 - 3.10 Le mouvement circulaire non uniforme 70
 - 3.11 Le mouvement circulaire et les variables angulaires 70
 - 3.12 Les coordonnées polaires 73
- RÉSUMÉ 74
QUESTIONS 75
PROBLÈMES 76

4

LA DYNAMIQUE I: LES LOIS DU MOUVEMENT DE NEWTON 81

- 4.1 La force 81
 - 4.2 La première loi du mouvement de Newton 82
 - 4.3 La masse 83
 - 4.4 La deuxième loi du mouvement de Newton 84
 - 4.5 Des lois ou des définitions? 87
 - 4.6 La troisième loi du mouvement de Newton 88
 - 4.7 Le poids — La force de gravitation et la force normale 92
 - 4.8 Les applications des lois de Newton: les forces vectorielles 94
 - 4.9 La résolution de problèmes 102
- RÉSUMÉ 104
QUESTIONS 106
PROBLÈMES 106

5

LA DYNAMIQUE II: FROTTEMENT, MOUVEMENT CIRCULAIRE ET AUTRES APPLICATIONS DES LOIS DE NEWTON 111

- 5.1 Quelques applications des lois de Newton concernant le frottement 111
 - 5.2 La dynamique du mouvement circulaire 118
 - 5.3 Les systèmes de référence en rotation et les forces inertielles 124
 - 5.4 La force de Coriolis 126
 - 5.5 Les forces liées à la vitesse et la vitesse limite 129
- RÉSUMÉ 134
QUESTIONS 134
PROBLÈMES 135

6

LA GRAVITATION ET LA SYNTHÈSE DE NEWTON 141

- 6.1 La loi de la gravitation universelle de Newton 141
- 6.2 La forme vectorielle de la loi de la gravitation universelle de Newton 144
- 6.3 La gravitation à proximité de la surface de la Terre et les calculs de g 145
- 6.4 Les satellites et l'apesanteur 148
- 6.5 Les lois de Kepler et la synthèse de Newton 152
- 6.6 Les types de forces présentes dans la Nature 156

- 6.7 Le champ gravitationnel 156
 - 6.8 La force gravitationnelle due à une distribution sphérique de la masse 157
 - 6.9 La masse gravitationnelle et la masse inerte; le principe d'équivalence 160
- RÉSUMÉ 161
QUESTIONS 161
PROBLÈMES 162

7

LE TRAVAIL ET L'ÉNERGIE 165

- 7.1 Le travail effectué par une force constante 165
 - 7.2 Le produit scalaire de deux vecteurs 170
 - 7.3 Le travail effectué par une force variable 171
 - 7.4 L'énergie cinétique et son théorème 175
- RÉSUMÉ 179
QUESTIONS 179
PROBLÈMES 180

8

LA CONSERVATION DE L'ÉNERGIE 184

- 8.1 Les forces conservatives et non conservatives 184
 - 8.2 L'énergie potentielle 186
 - 8.3 L'énergie mécanique et sa conservation 189
 - 8.4 La loi de la conservation de l'énergie 196
 - 8.5 La signification du concept de conservation de l'énergie 202
 - 8.6 L'énergie potentielle gravitationnelle et la vitesse de libération; les forces centrales 203
 - 8.7 Les diagrammes d'énergie potentielle: l'équilibre stable et instable 205
 - 8.8 La puissance 208
- RÉSUMÉ 211
QUESTIONS 211
PROBLÈMES 213

9

LA CONSERVATION DE LA QUANTITÉ DE MOUVEMENT LINÉAIRE; CORPS ET COLLISIONS 218

- 9.1 Le centre de masse 218
- 9.2 La position du centre de masse 221
- 9.3 Le centre de masse et le mouvement de translation 224

- 9.4 La quantité de mouvement linéaire et son rapport avec la force 225
- 9.5 La conservation de la quantité de mouvement 227
- 9.6 Les collisions et l'impulsion 230
- 9.7 La conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie dans les collisions 233
- 9.8 Les collisions élastiques en une dimension 234
- 9.9 Les collisions élastiques en deux ou en trois dimensions 240
- 9.10 Les collisions inélastiques 242
- 9.11 Le repère du centre de masse (CM) 244
- 9.12 Les systèmes de masse variable 245
- RÉSUMÉ 249
- QUESTIONS 250
- PROBLÈMES 251

10

LE MOUVEMENT DE ROTATION AUTOUR D'UN AXE 257

- 10.1 La cinématique du mouvement de rotation 257
- 10.2 La nature vectorielle des quantités angulaires 260
- 10.3 Le moment d'une force 262
- 10.4 La dynamique de rotation; le moment de force et le moment d'inertie 265
- 10.5 Le calcul des moments d'inertie 273
- 10.6 Pourquoi uné sphère qui roule ralentit-elle? 275
- 10.7 Le moment cinétique et sa conservation 277
- 10.8 L'énergie cinétique de rotation 281
- 10.9 Le mouvement de rotation combiné à un mouvement de translation 283
- 10.10 L'axe instantané 288
- RÉSUMÉ 290
- QUESTIONS 291
- PROBLÈMES 292

11

LA FORME GÉNÉRALE DU MOUVEMENT DE ROTATION 300

- 11.1 Le produit vectoriel 300
- 11.2 Le vecteur d'un moment de force 301
- 11.3 Le moment cinétique d'une particule 302
- 11.4 Le moment cinétique et le moment de force d'un système de particules; forme générale du mouvement 304
- 11.5 La démonstration du rapport général entre $\vec{\tau}$ et \vec{L} 305

- 11.6 Le moment cinétique et le moment de force d'un corps rigide 306
- 11.7 Le déséquilibre de rotation 308
- 11.8 La conservation du moment cinétique 309
- 11.9 Une roue en rotation 311
- 11.10 La toupie 315
- RÉSUMÉ 316
- QUESTIONS 317
- PROBLÈMES 318

12

ÉQUILIBRE, ÉLASTICITÉ ET RUPTURE 323

- 12.1 La statique — L'étude des corps en équilibre 323
- 12.2 Le centre de gravité 323
- 12.3 Les conditions d'équilibre 325
- 12.4 L'élasticité et les modules d'élasticité; contrainte et déformation 333
- 12.5 Les ruptures 338
- RÉSUMÉ 339
- QUESTIONS 340
- PROBLÈMES 341

13

LES FLUIDES AU REPOS 348

- 13.1 La masse volumique et la densité 348
- 13.2 La pression dans les fluides 349
- 13.3 La pression atmosphérique et la pression manométrique 352
- 13.4 La mesure de la pression 353
- 13.5 Le principe de Pascal 355
- 13.6 La flottabilité et le principe d'Archimède 357
- 13.7 La tension superficielle 359
- 13.8 La capillarité 363
- 13.9 La pression négative et la cohésion de l'eau 364
- RÉSUMÉ 365
- QUESTIONS 366
- PROBLÈMES 367

14

L'HYDRODYNAMIQUE: LES FLUIDES EN MOUVEMENT 370

- 14.1 Les caractéristiques de l'écoulement 370
- 14.2 Le débit et l'équation de continuité 371

- 14.3 L'équation de Bernoulli 373
 - 14.4 La viscosité 377
 - 14.5 L'écoulement laminaire dans les tubes — La formule de Poiseuille 381
 - 14.6 L'écoulement turbulent et le nombre de Reynolds 384
 - 14.7 Le mouvement des objets dans un fluide; la sédimentation et la force de résistance 385
- RÉSUMÉ 386
 QUESTIONS 387
 PROBLÈMES 388

15

LES OSCILLATIONS 391

- 15.1 Les oscillations d'un ressort 391
 - 15.2 Le mouvement harmonique simple 392
 - 15.3 L'énergie de l'oscillateur harmonique simple 398
 - 15.4 Les mouvements harmonique simple et circulaire uniforme 402
 - 15.5 Le pendule simple 402
 - 15.6 Le pendule physique 404
 - 15.7 Le mouvement harmonique amorti 407
 - 15.8 Les oscillations forcées; la résonance 409
 - 15.9 Les combinaisons de deux mouvements harmoniques 414
- RÉSUMÉ 415
 QUESTIONS 416
 PROBLÈMES 416

16

LA TEMPÉRATURE, LA DILATATION ET LA LOI DES GAZ PARFAITS 422

- 16.1 Les atomes 422
- 16.2 La température, les thermomètres et les échelles de température 424
- 16.3 Le thermomètre à gaz parfait à volume constant 426
- 16.4 L'équilibre thermique et la loi zéro de la thermodynamique 427
- 16.5 La dilatation 428
- 16.6 Les contraintes thermiques 431
- 16.7 Les lois des gaz et la température absolue 432
- 16.8 La loi des gaz parfaits 434
- 16.9 La loi des gaz parfaits à l'échelle moléculaire — Le nombre d'Avogadro 436
- 16.10 La pression partielle 437
- 16.11 L'échelle de température des gaz parfaits — Un étalon 439

- RÉSUMÉ 441
- QUESTIONS 441
- PROBLÈMES 442

17

LA THÉORIE CINÉTIQUE 446

- 17.1 La loi des gaz parfaits et l'interprétation moléculaire de la température 446
 - 17.2 La distribution des vitesses moléculaires 450
 - 17.3 L'évaporation, la pression de vapeur et l'ébullition 452
 - 17.4 L'humidité 455
 - 17.5 Les gaz réels et les changements de phase; le point critique 456
 - 17.6 L'équation d'état de van der Waals 459
 - 17.7 Le libre parcours moyen 461
 - 17.8 La diffusion 463
- RÉSUMÉ 467
 QUESTIONS 468
 PROBLÈMES 469

18

LA CHALEUR 472

- 18.1 Une première théorie de la chaleur: la calorie 472
 - 18.2 La chaleur: un transfert d'énergie; son équivalent mécanique 473
 - 18.3 La distinction entre la température, la chaleur et l'énergie interne 474
 - 18.4 L'énergie interne d'un gaz parfait 474
 - 18.5 La chaleur spécifique 475
 - 18.6 La chaleur latente 478
 - 18.7 La transmission de chaleur par conduction 482
 - 18.8 La transmission de chaleur par convection 484
 - 18.9 La transmission de chaleur par rayonnement 484
- RÉSUMÉ 486
 QUESTIONS 487
 PROBLÈMES 488

19

LA PREMIÈRE LOI DE LA THERMODYNAMIQUE 491

- 19.1 Le travail effectué dans les variations de volume; les processus isotherme et isobare 491
- 19.2 La première loi de la thermodynamique 493

- 19.3 Les applications de la première loi de la thermodynamique à des processus thermodynamiques simples 494
- 19.4 Les capacités calorifiques des gaz et l'équipartition de l'énergie 498
- 19.5 La dilatation adiabatique d'un gaz 501
- 19.6 La nature adiabatique des ondes sonores 502
RÉSUMÉ 503
QUESTIONS 504
PROBLÈMES 504

- 20.10 L'interprétation statistique de l'entropie et de la deuxième loi de la thermodynamique 524
- 20.11 L'échelle des températures thermodynamiques et le zéro absolu 527
RÉSUMÉ 528
QUESTIONS 528
PROBLÈMES 529

20

LA DEUXIÈME LOI DE LA THERMODYNAMIQUE 507

- 20.1 La nécessité d'une nouvelle loi en thermodynamique 507
- 20.2 Les moteurs thermiques et les réfrigérateurs 508
- 20.3 Le rendement des moteurs thermiques et la deuxième loi de la thermodynamique 510
- 20.4 Le moteur de Carnot; les transformations réversibles et irréversibles 512
- 20.5 Le rendement du cycle de Carnot et la deuxième loi de la thermodynamique 513
- 20.6 L'entropie 516
- 20.7 L'entropie et la deuxième loi de la thermodynamique 518
- 20.8 De l'ordre au désordre 522
- 20.9 L'énergie non disponible 524

APPENDICE A 533 FORMULES MATHÉMATIQUES

APPENDICE B 535 DÉRIVÉES ET INTÉGRALES

APPENDICE C 537 CONSTANTES ET FACTEURS DE CONVERSION

APPENDICE D 540 TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

APPENDICE E 542 LISTE D'ISOTOPES CHOISIS

APPENDICE F 546 CORRIGÉ DES PROBLÈMES IMPAIRS

INDEX 551

PHYSIQUE GÉNÉRALE 1

MÉCANIQUE ET THERMODYNAMIQUE

Voici enfin traduit et adapté en trois volumes l'ouvrage de D.C. Giancoli.

D'une grande clarté pédagogique, **Physique générale** propose en illustration de chaque démonstration au minimum une **application numérique** commentée et résolue. En outre, de **nombreux problèmes**, classés par difficulté croissante, complètent chaque chapitre.

Dans les trois volumes, les figures et les schémas sont présentés en **deux couleurs**. La première représentant les objets réels, la seconde représentant les champs, forces, particules, vecteurs et autres concepts.

Avec **1300** pages pour trois volumes, **1500** illustrations en deux couleurs, **2500** problèmes ordonnés et résolus et **72** encadrés consacrés à l'histoire des sciences, **Physique générale** couvre, de manière particulièrement attrayante, l'ensemble de la matière du premier cycle universitaire.

Volume 1: Mécanique et Thermodynamique.

Volume 2: Electricité et Magnétisme.

Volume 3: Ondes, optique et Physique Moderne.



GIA1MEC - B 370

ISBN 2-8041-1700-6

