

PHYSIQUE

3. Ondes, optique et physique moderne

• HECHT •

AVEC 1142
EXERCICES
CORRIGÉS



de boeck

Table des matières

1 Oscillations et ondes 1

MOUVEMENT SINUSOÏDAL 2

- 1.1 Mouvement sinusoïdal simple 2
- 1.2 Force de rappel élastique 8
- 1.3 Force de rappel gravitationnelle :
le pendule 12
- 1.4 Amortissement, oscillations forcées,
résonance 14
- 1.5 Vibrations auto-entretenues 18
- ONDES MÉCANIQUES 20**
- 1.6 Caractéristiques des ondes 20
- 1.7 Ondes transversales :
cordes vibrantes 27
- 1.8 Ondes de compression 31
Résumé 35
Suggestions pour la résolution
des exercices 36
Questions pour réfléchir 36
Questions à choix multiples 37
Problèmes 38

2 Le son 45

ACOUSTIQUE 46

- 2.1 Ondes sonores 46
- 2.2 Superposition des ondes 48
- 2.3 Fronts d'onde et intensité 51
- 2.4 Vitesse du son 53
- 2.5 Audition des sons 55
- 2.6 Niveau d'intensité 58

PRODUCTION ET PROPAGATION DU SON 61

- 2.7 Battements 61
- 2.8 Ondes stationnaires 62
- 2.9 Ondes sonores 69
- 2.10 L'effet Doppler 73
Résumé 77
Suggestions pour la résolution
des exercices 78
Questions pour réfléchir 78
Questions à choix multiples 80
Problèmes 81

3 Énergie de rayonnement : la lumière 87

LA NATURE DE LA LUMIÈRE 88

- 3.1 Ondes et Particules 88
- 3.2 Ondes électromagnétiques 89
- 3.3 Formes de l'onde et fronts d'onde 92
- 3.4 Vitesse de propagation : c 94
- 3.5 Énergie et intensité lumineuse 96
- 3.6 Origines des rayonnements
électromagnétiques 98
- 3.7 Quanta d'énergie 99
- 3.8 Atomes et lumière 101
- 3.9 Diffusion et absorption 102

SPECTRE ÉLECTROMAGNÉTIQUE ET ÉNERGIE DES PHOTONS 103

- 3.10 Ondes radio 104
- 3.11 Micro-ondes 105
- 3.12 L'infrarouge 106
- 3.13 La lumière 107
- 3.14 L'ultraviolet 109
- 3.15 Rayons X 111
- 3.16 Rayons gamma 112
Résumé 112
Suggestions pour la résolution
des exercices 113
Questions pour réfléchir 113
Questions à choix multiples 114
Problèmes 114

4 Propagation de la lumière : diffusion 117

DIFFUSION 118

- 4.1 Diffusion Rayleigh : le bleu du ciel 118
- 4.2 Diffusion et Interférences 119
- 4.3 Transmission de la lumière
dans les milieux denses 120

RÉFLEXION 121

- 4.4 Réflexion interne et réflexion externe 122
- 4.5 Les lois de la réflexion 123
- 4.6 Miroir plan 125

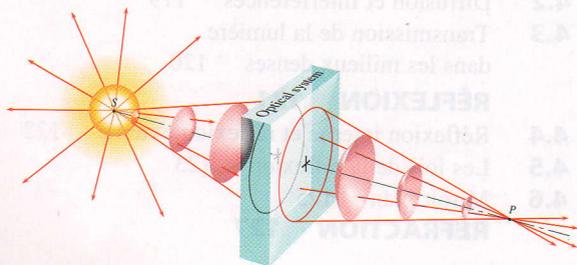
RÉFRACTION 127

4.7 Indice de réfraction 128
4.8 Lois de Snell-Descartes 130
4.9 Réflexion totale 133
LE MONDE DES COULEURS 136
4.10 Blanc, noir et gris 136
4.11 Les couleurs 137
 Résumé 139
 Suggestions pour la résolution
 des exercices 140
 Questions pour réfléchir 140
 Questions à choix multiples 141
 Problèmes 142



5 Optique géométrique et instruments 147

LENTILLES 148
5.1 Surfaces asphériques 149
5.2 Lentilles minces sphériques 151
5.3 Foyers et plans focaux 155
5.4 Formation des images à travers les lentilles 157
5.5 Grandissement 159
5.6 Lentille simple 161
5.7 Systèmes de lentilles 170
MIROIRS 179
5.8 Miroirs asphériques 180
5.9 Miroirs sphériques 180
5.10 Formation des images dans les miroirs 182
 Résumé 186
 Suggestions pour la résolution
 des exercices 186
 Questions pour réfléchir 187
 Questions à choix multiples 188
 Problèmes 189



6 Optique ondulatoire 193

POLARISATION 194
6.1 Lumière naturelle 194
6.2 Polariseurs 196
6.3 Processus de polarisation 200
INTERFÉRENCE 204
6.4 Cohérence 206
6.5 Expérience de Young 206
6.6 Interférence par réflexion sur les couches minces 210
6.7 Interféromètre de Michelson 213
DIFFRACTION 214
6.8 Diffraction par une fente unique 216
6.9 Réseau de diffraction 219
6.10 Fentes et obstacles circulaires 221
6.11 Holographie 223
 Résumé 225
 Suggestions pour la résolution
 des exercices 226
 Questions pour réfléchir 226
 Questions à choix multiples 228
 Problèmes 229

7 Relativité restreinte 233

AVANT LA RELATIVITÉ RESTREINTE 234
7.1 Expérience de Michelson et Morley 234
LA RELATIVITÉ RESTREINTE 236
7.2 Les deux postulats 237
7.3 Simultanéité et temps 240
7.4 Horloges en mouvement : dilatation temporelle 244
7.5 Alice rétrécie : contraction des longueurs 247
7.6 Le « paradoxe » des jumeaux 249
7.7 Monde des merveilles : l'espace-temps 251
7.8 Composition relativiste des vitesses 252
DYNAMIQUE RELATIVISTE 255
7.9 Quantité de mouvement relativiste 255
7.10 Énergie relativiste 257
 Résumé 263
 Suggestions pour la résolution
 des exercices 263
 Questions pour réfléchir 263
 Questions à choix multiples 265
 Problèmes 266

8 Origines de la physique moderne 269

PARTICULES SUBATOMIQUES 270

- 8.1** Le quantum de charge 270
- 8.2** Rayons cathodiques :
particules chargées 271
- 8.3** Rayons X 276
- 8.4** Découverte de la radioactivité 279

MODÈLE NUCLÉAIRE DE L'ATOME 282

- 8.5** Diffusion de Rutherford 282
- 8.6** Spectres atomiques 285
- 8.7** Le proton 286
- 8.8** Le neutron 288
- 8.9** Dommages des rayonnements :
dosimétrie 290
Résumé 292
Suggestions pour la résolution
des exercices 292
Questions pour réfléchir 293
Questions à choix multiples 294
Problèmes 295

9 Évolution de la théorie quantique 299

L'ANCIENNE THÉORIE DES QUANTA 300

- 9.1** Rayonnement du corps noir 300
- 9.2** Quantification de l'énergie :
l'effet photoélectrique 305
- 9.3** Bremsstrahlung 310
- 9.4** Effet Compton 311

LA THÉORIE ATOMIQUE 312

- 9.5** Atome de Bohr 313
- 9.6** Émission stimulée : le laser 318
- 9.7** Numéro atomique 321
Résumé 323
Suggestions pour la résolution
des exercices 323
Questions pour réfléchir 323
Questions à choix multiples 325
Problèmes 326

10 Mécanique quantique 329

BASE CONCEPTUELLE DE LA MÉCANIQUE QUANTIQUE 330

- 10.1** Ondes de de Broglie 330
- 10.2** Principe de complémentarité 332
- 10.3** Équation de Schrödinger 332

PHYSIQUE QUANTIQUE 337

- 10.4** Nombres quantiques 337
- 10.5** Effet Zeeman 338
- 10.6** Le spin 339
- 10.7** Principe d'exclusion de Pauli 340

- 10.8** Couches électroniques 340
- 10.9** Le principe d'incertitude 345
- 10.10** Électrodynamique quantique
et antimatière 348
Résumé 352
Suggestions pour la résolution
des exercices 352
Questions pour réfléchir 352
Questions à choix multiples 354
Problèmes 355

11 Physique nucléaire 357

STRUCTURE DES NOYAUX 358

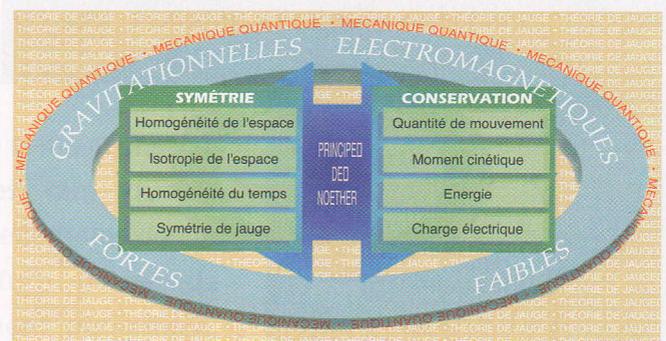
- 11.1** Isotopes 358
- 11.2** Taille, forme et spin des noyaux 360
- 11.3** La force nucléaire 363
- 11.4** Stabilité des noyaux 365

TRANSMUTATIONS NUCLÉAIRES 369

- 11.5** Désintégrations radioactives 369
- 11.6** L'interaction faible 374
- 11.7** Transitions gamma 375
- 11.8** Demi-vie 376
- 11.9** Radioactivité artificielle 379
- 11.10** Fission et fusion 380
Résumé 388

Suggestions pour la résolution
des exercices 388

- Questions pour réfléchir 389
- Questions à choix multiples 390
- Problèmes 391



12 Physique des hautes énergies 395

PARTICULES ÉLÉMENTAIRES 397

- 12.1** Leptons 397
- 12.2** Hadrons 398

THÉORIE QUANTIQUE DES CHAMPS 400

12.3 Théorie de jauge 403
12.4 Quarks 406
12.5 Chromodynamique quantique 409
12.6 La force électro-faible 411
12.7 La Théorie de Grande Unification (TGU) et au-delà : la création de l'Univers 415
 Résumé 418
 Suggestions pour la résolution des exercices 418
 Questions pour réfléchir 418
 Questions à choix multiples 420
 Problèmes 421

Appendices : une révision mathématique A-1 423

APPENDICE A :

ALGÈBRE A-1 423

A-1 Puissances A-2 424
 A-2 Puissances de dix : notation scientifique A-3 425
 A-3 Logarithmes A-3 425
 A-4 Proportionnalités et équations A-4 426

A-5 Approximations A-6 428

APPENDICE B :

GÉOMÉTRIE A-7 429

APPENDICE C :

TRIGONOMÉTRIE A-9 431

APPENDICE D :

VECTEURS A-11 433

APPENDICE E :

DIMENSIONS A-12 434

APPENDICE F :

ANALYSE A-13 435

F-1 Dérivée A-13 435

F-2 Intégrales A-18 440

Réponses aux questions et solutions des exercices R-1

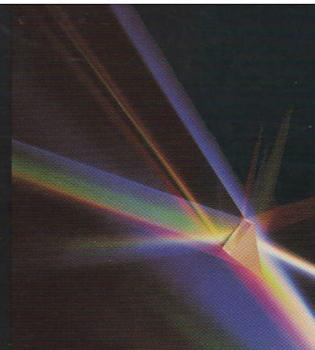
Sources des reproductions S-1

Index I-1

PHYSIQUE

3. Ondes, optique et physique moderne

• HECHT •



Ce livre est un cours d'introduction à la physique, un retour aux fondements de la discipline. Il couvre l'éventail usuel qui s'étend de l'oscillation des ondes à la physique des hautes énergies. L'utilisation des mathématiques est réduite à l'essentiel, se contentant de l'analyse élémentaire et ne faisant appel qu'aux notions strictement indispensables du calcul vectoriel. *Physique* laisse de côté les sujets hermétiques ou trop pointus et s'efforce en priorité de faire sentir en profondeur les concepts fondamentaux de la physique moderne.

La présentation de *Physique* fait apparaître les idées progressivement, permettant ainsi à l'étudiant de mieux les assimiler. De plus, la compréhension des sujets abordés est optimisée par le matériel pédagogique mis à la disposition de ce dernier : chaque notion est illustrée par des exemples de la vie quotidienne, en adéquation avec les connaissances empiriques de l'étudiant, des centaines d'illustrations et de schémas en couleurs permettent une meilleure compréhension, et l'histoire des sciences sert de fil conducteur à l'étude de la discipline. Abondamment illustré, chaque chapitre s'achève par un résumé, une série de questions de réflexion et de questions à choix multiple suivies de nombreux exercices variés et concrets, tous résolus.

Cet ouvrage s'adresse aux étudiants du 1^{er} cycle en sciences universitaires et classes préparatoires aux écoles d'ingénieur.

SOMMAIRE

Chapitre 1 • Oscillations et ondes

Chapitre 2 • Le son

Chapitre 3 • Énergie de rayonnement : la lumière

Chapitre 4 • Propagation de la lumière : diffusion

Chapitre 5 • Optique géométrique et instruments

Chapitre 6 • Optique ondulatoire

Chapitre 7 • Relativité restreinte

Chapitre 8 • Origines de la physique moderne

Chapitre 9 • Évolution de la théorie quantique

Chapitre 10 • Mécanique quantique

Chapitre 11 • Physique nucléaire

Chapitre 12 • Physique des hautes énergies

▶ **Traduction** de la première édition américaine par T. Becherrawy

▶ **Révision** par Joël Martin



HEC3OND

ISBN : 978-2-8041-5382-3