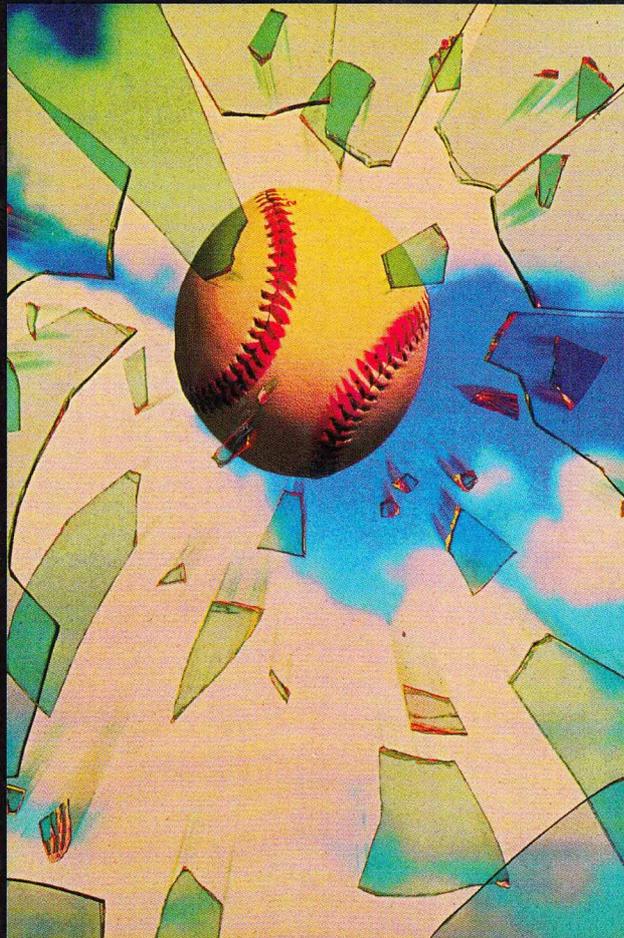


PHYSIQUE

• Eugene HECHT •

Traduction de la 1^{re} édition américaine par T. Becherrawy
Révision par Joël Martin



I T P



de boeck

Sommaire

- 1** Une introduction à la physique 1
- 2** Cinématique: vitesse 27
- 3** Cinématique: accélération 69
- 4** Les Trois lois de Newton: quantité de mouvement 115
- 5** Dynamique: force et accélération 153
- 6** Équilibre: statique 193
- 7** La gravité, selon Newton 237
- 8** Mouvement de rotation 269
- 9** L'énergie 311
- 10** Les solides 357
- 11** Les fluides 393
- 12** Oscillations et Ondes 445
- 13** Le son 489
- 14** Propriétés thermiques de la matière 531
- 15** Chaleur et énergie thermique 563
- 16** Thermodynamique 603
- 17** Électrostatique: forces 643
- 18** Électrostatique: énergie 685
- 19** Courant continu 723
- 20** Circuits 753
- 21** Magnétisme 785
- 22** Induction électromagnétique 831
- 23** Courant alternatif et électronique 865
- 24** Énergie de rayonnement: lumière 905
- 25** Propagation de la lumière: diffusion 935
- 26** Optique géométrique et instruments 965
- 27** Optique ondulatoire 1011
- 28** Relativité restreinte 1051
- 29** Origines de la physique moderne 1087
- 30** Évolution de la théorie quantique 1117
- 31** Mécanique quantique 1147
- 32** Physique nucléaire 1175
- 33** Physique des hautes énergies 1213

Table des matières

1 Une introduction à la physique 1

- 1.1 Loi et théorie 2
- 1.2 Perspective moderne 3
- MESURE 8**
- 1.3 Longueur 8
- 1.4 Masse et poids 11
- 1.5 Temps 13
- 1.6 Chiffres significatifs 13
- LE LANGAGE DE LA PHYSIQUE 15**
- 1.7 Équations 16
- 1.8 Graphiques et fonctions 16
- 1.9 Approximations et vérifications 20
- Résumé 21
- Suggestions pour la résolution des exercices 21
- Questions pour réfléchir 22
- Questions à choix multiples 23
- Exercices 23

2 Cinématique : vitesse 27

- VITESSE SCALAIRE 28**
- 2.1 Vitesse scalaire moyenne 28
- 2.2 Vitesse scalaire constante 32
- 2.3 La notation delta :
La variation d'une quantité 33
- 2.4 Vitesse scalaire instantanée, la dérivée 34
- VECTEUR VITESSE 38**
- 2.5 Vecteur déplacement 38
- 2.6 Éléments de calcul vectoriel 39
- 2.7 Vecteur vitesse moyenne 42
- 2.8 Vecteur vitesse instantanée 45
- MOUVEMENT RELATIF 50**
- 2.9 Vitesse par rapport à ... 51
- 2.10 Composantes d'un vecteur 54
- Résumé 60
- Suggestions pour la résolution des exercices 60
- Questions pour réfléchir 61
- Questions à choix multiples 62
- Exercices 63

3 Cinématique : accélération 69

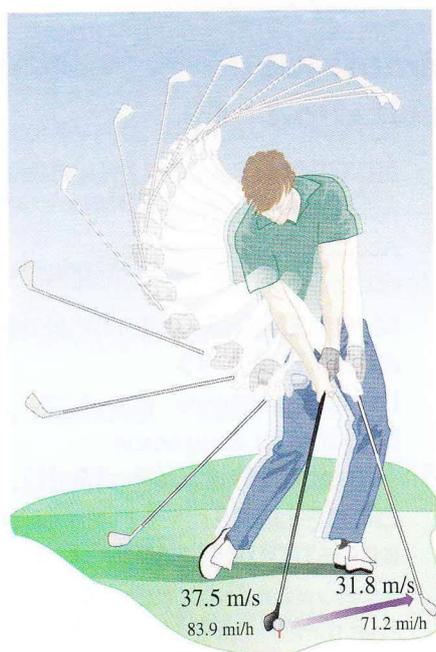
- NOTION D'ACCÉLÉRATION 70**
- 3.1 Accélération moyenne 70
- 3.2 Accélération instantanée, dérivée seconde 72
- MOUVEMENT UNIFORMÉMENT ACCÉLÉRÉ 75**
- 3.3 La vitesse moyenne 76
- 3.4 Équations du mouvement uniformément accéléré 79
- CHUTE LIBRE : BALISTIQUE 84**
- 3.5 Accélération de la pesanteur 86
- 3.6 Tout tombe vers le bas : accélération constante 89
- 3.7 Mouvement des projectiles 93
- 3.8 Accélération variable avec le temps : intégrales 101
- Résumé 105
- Suggestions pour la résolution des exercices 105
- Questions pour réfléchir 105
- Questions à choix multiples 107
- Exercices 107

4 Les Trois lois de Newton : quantité de mouvement 115

- LA LOI D'INERTIE 116**



4.1 Mouvement des projectiles 118
4.2 Force 120
LA DEUXIÈME LOI 125
4.3 Masse 126
4.4 Quantité de mouvement 127
4.5 Impulsion et variation de la quantité de mouvement 128
4.6 Force variable 132
ACTION ET RÉACTION: LA TROISIÈME LOI 135
4.7 Fusées 137
4.8 Conservation de la quantité de mouvement 139
 Résumé 144
 Suggestions pour la résolution des exercices 144
 Questions pour réfléchir 144
 Questions à choix multiples 146
 Exercices 147



5 Dynamique: force et accélération 153

FORCE, MASSE ET ACCÉLÉRATION 154
5.1 Mouvement instantané 156
5.2 Poids: force gravitationnelle 158
5.3 Accélération verticales 162
5.4 Apesanteur effective 164
5.5 Mouvements couplés 166
MOUVEMENT CURVILIGNE 167
5.6 Accélération centripète 168
5.7 Force centripète 169
5.8 Mouvement circulaire 171

FROTTEMENT ET MOUVEMENT 174

5.9 Frottement statique 175
5.10 Mouvement via le frottement statique 179
5.11 Frottement cinétique 180
5.12 Frottement avec roulement 182
5.13 Les causes du frottement 182
 Résumé 184
 Suggestions pour la résolution des exercices 185
 Questions pour réfléchir 185
 Questions à choix multiples 186
 Exercices 187

6 Équilibre: statique 193

ÉQUILIBRE DES CORPS EN TRANSLATION 194

6.1 Systèmes de forces parallèles et colinéaires 195
6.2 Systèmes de forces concourantes 197

ÉQUILIBRE DES CORPS EN ROTATION 203

6.3 Moment de forces 204
6.4 Corps rigides 208
ÉQUILIBRE DES SOLIDES 214
6.5 Centre de gravité 214
6.6 Stabilité et équilibre 218
6.7 Structures, murs et arches 221
 Résumé 223
 Suggestions pour la résolution des exercices 224
 Questions pour réfléchir 224
 Questions à choix multiples 225
 Exercices 227

7 La gravité, selon Newton 237

LA LOI DE GRAVITATION UNIVERSELLE 238

7.1 Évolution de la loi 238
7.2 Confirmation de la loi en $1/r^2$ par Newton 240
7.3 Le produit des masses 241
7.4 La constante de gravitation 242
7.5 La gravité terrestre 243
7.6 La densité de la Terre 244
7.7 Gravité d'une sphère 245
7.8 Une Terre imparfaite en rotation 246
LA FORCE COSMIQUE 248
7.9 Les lois du mouvement des planètes 248
7.10 Gravité et lois de Kepler 250
7.11 Orbites des satellites 254
7.12 Le champ gravitationnel 257

- 7.13** Nouveaux développements 259
 Résumé 261
 Suggestions
 pour la résolution des exercices 261
 Questions pour réfléchir 261
 Questions à choix multiples 263
 Exercices 264



8 Mouvement de rotation 269

CINÉMATIQUE DE LA ROTATION 271

- 8.1 Vitesse angulaire 273
 8.2 Accélération angulaire 275
 8.3 Cas d'une accélération constante 277

DYNAMIQUE DE LA ROTATION 280

- 8.4 Inertie de rotation 280
 8.5 Centre de masse 285
 8.6 Roulement sur un plan incliné 287
 8.7 Moment cinétique 288
 8.8 Conservation du moment cinétique 291
 Résumé 301
 Suggestions
 pour la résolution des exercices 302
 Questions pour réfléchir 302
 Questions à choix multiples 304
 Exercices 305

9 L'énergie 311

LE TRANSFERT D'ÉNERGIE 312

- 9.1 Travail 312
 9.2 Puissance 322

ÉNERGIE MÉCANIQUE 324

- 9.3 Énergie cinétique 325
 9.4 Énergie potentielle 329
 9.5 Énergie interne 334

CONSERVATION DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE 335

- 9.6 Énergie mécanique 335
 9.7 Perspectives sur l'énergie 337
 9.8 Collisions 341

- 9.9** Conservation de l'énergie et symétrie 346
 Résumé 347
 Suggestions
 pour la résolution des exercices 348
 Questions pour réfléchir 349
 Questions à choix multiples 350
 Exercices 351

10 Les solides 357

ATOMES ET MATIÈRE 358

- 10.1 La théorie atomique 359
 10.2 Nombre d'Avogadro 359
 10.3 Masse volumique 360
 10.4 Taille des atomes 362
 10.5 États de la matière 363
 10.6 Les solides 364

ÉLASTICITÉ 367

- 10.7 La loi de Hooke 367
 10.8 Contraintes 373
 10.9 Déformations 375
 10.10 Résistance des matériaux 377
 10.11 Fatigue 380

MODULES ET ÉNERGIE D'ÉLASTICITÉ 381

- 10.12 Module de Young 381
 10.13 Modules de cisaillement
 et de module de compressibilité 383
 Résumé 386
 Suggestions
 pour la résolution des exercices 387
 Questions pour réfléchir 387
 Questions à choix multiples 388
 Exercices 389

11 Les fluides 393

STATIQUE DES FLUIDES 394

- 11.1 Liquides 394
 11.2 Gaz 394
 11.3 Pression hydrostatique 395
 11.4 Loi de Boyle-Mariotte 404
 11.5 Principe de Pascal 405



- 11.6 Poussée d'Archimède 408
- 11.7 Densité 409
- 11.8 Tension superficielle 411
- DYNAMIQUE DES FLUIDES 414**
- 11.9 Écoulement d'un fluide 414
- 11.10 Équation de continuité 417
- 11.11 Équation de Bernoulli 419
- 11.12 Portance 424
- 11.13 Écoulement turbulent 425
- 11.14 Tension artérielle 426
- 11.15 Écoulement visqueux 429
- Résumé 433
- Suggestions
- pour la résolution des exercices 433
- Questions pour réfléchir 434
- Questions à choix multiples 436
- Exercices 438

12 Oscillations et ondes 445

- MOUVEMENT SINUSOÏDAL 446**
- 12.1 Mouvement sinusoïdal simple 446
- 12.2 Force de rappel élastique 452
- 12.3 Force de rappel gravitationnelle :
le pendule 456
- 12.4 Amortissement, oscillations forcées,
résonance 458
- 12.5 Vibrations auto-entretenues 462
- ONDES MÉCANIQUES 464**
- 12.6 Caractéristiques des ondes 465
- 12.7 Ondes transversales : cordes vibrantes 471
- 12.8 Ondes de compression 475
- Résumé 479
- Suggestions
- pour la résolution des exercices 480
- Questions pour réfléchir 480
- Questions à choix multiples 481
- Exercices 482

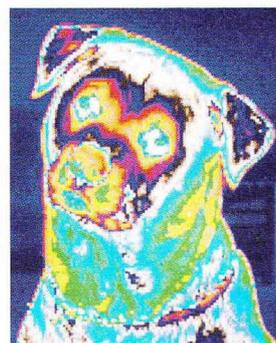
13 Le son 489

- ACOUSTIQUE 490**
- 13.1 Ondes sonores 490
- 13.2 Superposition des ondes 492
- 13.3 Fronts d'onde et intensité 495
- 13.4 Vitesse du son 497
- 13.5 Audition des sons 499
- 13.6 Niveaux d'intensité 502
- PRODUCTION
ET PROPAGATION DU SON 505**
- 13.7 Battements 506
- 13.8 Ondes stationnaires 506
- 13.9 Ondes sonores 513

- 13.10 L'effet Doppler 517
- Résumé 521
- Suggestions
- pour la résolution des exercices 522
- Questions pour réfléchir 522
- Questions à choix multiples 524
- Exercices 525

14 Propriétés thermiques de la matière 531

- TEMPÉRATURE 532**
- 14.1 Température absolue
et zéro absolu 534
- 14.2 Étendue du domaine de variation
de la température 535
- DILATATION THERMIQUE 537**
- 14.3 Dilatation linéique 537
- 14.4 Dilatation volumique :
Solides et liquides 540
- LOIS DES GAZ 544**
- 14.5 Loi des gaz parfaits 546
- 14.6 Gaz réels : Liquéfaction 548
- 14.7 Diagrammes de phase 550
- 14.8 Théorie cinétique 552
- Résumé 557
- Suggestions
- pour la résolution des exercices 557
- Questions pour réfléchir 558
- Questions à choix multiples 559
- Exercices 560



15 Chaleur et énergie thermique 563

- ÉNERGIE THERMIQUE 564**
- 15.1 Calorique et cinétique 564
- 15.2 Chaleur et température 566
- 15.3 Quantité de chaleur 568
- 15.4 Équivalent mécanique de la chaleur 570
- 15.5 Le Principe zéro 571
- 15.6 Capacité calorifique massique
et molaire 572

CHANGEMENT DE PHASE 579

- 15.7** Fusion et congélation 580
15.8 Vaporisation 581
15.9 Ébullition 583

TRANSFERT**D'ÉNERGIE THERMIQUE 585**

- 15.10** Rayonnement 586
15.11 Convection 587
15.12 Conduction 588
 Résumé 592
 Suggestions
 pour la résolution des exercices 592
 Questions pour réfléchir 593
 Questions à choix multiples 594
 Exercices 596

16 Thermodynamique 603**PREMIER PRINCIPE****DE LA THERMODYNAMIQUE 604**

- 16.1** Conservation de l'énergie 604

**CYCLES, MACHINES
THERMIQUES****ET RÉFRIGÉRATEURS 615**

- 16.2** Cycle de Carnot 616
16.3 Combustion interne 620
16.4 Réfrigérateurs et pompes à chaleur 621
16.5 Température absolue 622

DEUXIÈME PRINCIPE**DE LA THERMODYNAMIQUE 624**

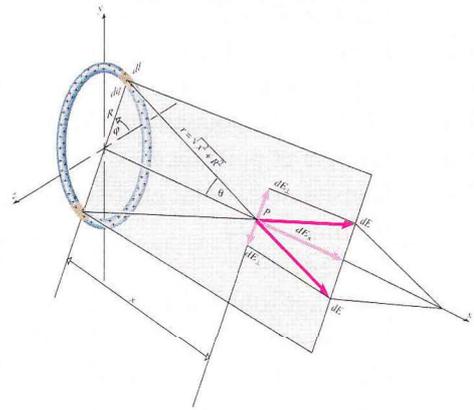
- 16.6** Formulation de Clausius 625
16.7 Entropie 626
16.8 Ordre et désordre 631
16.9 Entropie et probabilité 632
 Résumé 634
 Suggestions
 pour la résolution des exercices 635
 Questions pour réfléchir 636
 Questions à choix multiples 637
 Exercices 638

17 Électrostatique : forces 643**CHARGE ÉLECTRIQUE 644**

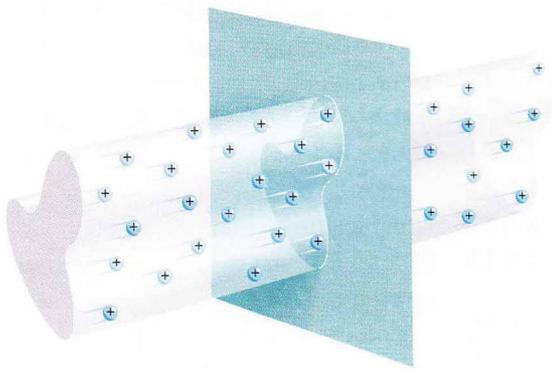
- 17.1** Charges positives
et charges négatives 644
17.2 Quantification et conservation
de la charge 645
17.3 Charge par frottement 646
17.4 Transfert de charge 647
17.5 Isolants et conducteurs 648

FORCE ÉLECTRIQUE 651

- 17.6** Loi de Coulomb 651
17.7 Influence électrostatique 656
CHAMP ÉLECTRIQUE 658
17.8 Unités rationalisées 663
17.9 Lignes de champ 665
17.10 Conducteurs et champs 666
17.11 Champ E d'une distribution continue
de charge 669
17.12 Théorème de Gauss 671
17.13 Théorie quantique des champs 676
 Résumé 677
 Suggestions
 pour la résolution des exercices 678
 Questions pour réfléchir 678
 Questions à choix multiples 680
 Exercices 681

**18 Électrostatique : énergie 685****POTENTIEL ÉLECTRIQUE 686**

- 18.1** Énergie potentielle électrique 686
18.2 Potentiel électrique 686
18.3 Potentiel dans un champ uniforme 691
18.4 Potentiel d'une charge ponctuelle 692
18.5 Équipotentielle 694
18.6 Potentiel de plusieurs charges 695
18.7 Potentiel créé par une distribution continue
de charge 696
18.8 Détermination de E à partir de V 698
18.9 Potentiel et configuration des charges 699
18.10 Conservation de la charge 700
CAPACITÉ 701
18.11 Condensateur plan parallèle 703
18.12 Association de condensateurs 706
18.13 Énergie stockée
dans les condensateurs 710
 Résumé 713
 Suggestions
 pour la résolution des exercices 714
 Questions pour réfléchir 714
 Questions à choix multiples 715
 Exercices 716



19 Courant continu 723

COURANTS 724

- 19.1 Les piles 726
- 19.2 Champs électriques et vitesse de migration 731
- 19.3 Résistivité 735**
- 19.4 Supraconductivité 739
- 19.5 Chute et accroissement du potentiel 740
- 19.6 Énergie et puissance 741
- 19.7 Densité de courant et conductivité 743
- Résumé 744
- Suggestions pour la résolution des exercices 745
- Questions pour réfléchir 745
- Questions à choix multiples 747
- Exercices 748

20 Circuits 753

LOIS DES CIRCUITS 754

- 20.1 Générateurs et résistance interne 755
- 20.2 Résistances en série et en parallèle 757
- 20.3 Puissance maximale et impédance 762
- 20.4 Ampèremètres et voltmètres
- 20.5 Circuits RC 764

CALCUL DES RÉSEAUX 766

- 20.6 Lois de Kirchhoff 766
- Résumé 771
- Suggestions pour la résolution des exercices 771
- Questions pour réfléchir 772
- Questions à choix multiples 775
- Exercices 776

21 Magnétisme 785

AIMANTS ET CHAMP MAGNÉTIQUE 786

- 21.1 Pôles 786
- 21.2 Le champ magnétique 788
- 21.3 Magnétisme terrestre 790

- 21.4 Monopôles 791
- 21.5 Le magnétisme à l'échelle atomique 791
- ÉLECTRODYNAMIQUE 794**
- 21.6 Courants et champs 795
- 21.7 Confirmation de l'hypothèse d'Ampère 801
- 21.8 Calcul du champ magnétique 803
- FORCE MAGNÉTIQUE 807**
- 21.9 Trajectoire d'une particule libre 810
- 21.10 Forces sur les conducteurs 812
- Résumé 819
- Suggestions pour la résolution des exercices 819
- Questions pour réfléchir 819
- Questions à choix multiples 822
- Exercices 826

22 Induction électromagnétique 831

FORCE ÉLECTROMOTRICE D'INDUCTION 832

- 22.1 Loi d'induction de Faraday 833
- 22.2 Loi de Lenz 836
- 22.3 Force électromotrice due au mouvement 838
- 22.4 Champs électriques et magnétiques induits 841

GÉNÉRATEURS 842

- 22.5 Générateur de courant alternatif 844
- 22.6 Générateur de courant continu 845
- 22.7 Courant de Foucault 846

AUTO-INDUCTION 847

- 22.8 Inductance 848
- 22.9 La force électromotrice auto-induite 849
- 22.10 Circuits RL, régimes transitoires 850
- 22.11 Énergie du champ magnétique 852
- Résumé 853
- Suggestions pour la résolution des exercices 854
- Questions pour réfléchir 854
- Questions à choix multiples 857
- Exercices 859

23 Courant alternatif et électronique 865

LE COURANT ALTERNATIF 866

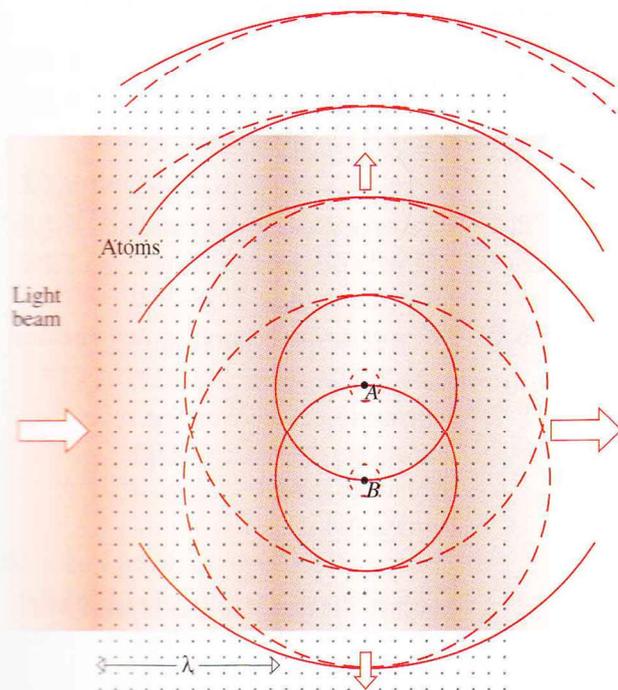
- 23.1 Résistances en courant alternatif 868
- 23.2 Inducteurs en courant alternatif 870
- 23.3 Condensateurs en courant alternatif 873

CIRCUITS RLC 875

- 23.4** Éléments de circuits en série 875
23.5 Le transformateur 882
23.6 L'électricité domestique et ses risques 885

ÉLECTRONIQUE 888

- 23.7** Semiconducteurs 888
23.8 Jonction p-n et diodes 889
23.9 Transistors 892
 Résumé 895
 Suggestions
 pour la résolution des exercices 895
 Questions pour réfléchir 896
 Questions à choix multiples 898
 Exercices 899

**24 Énergie de rayonnement: la lumière 905****LA NATURE DE LA LUMIÈRE 906**

- 24.1** Ondes et particules 906
24.2 Ondes électromagnétiques 907
24.3 Forme des ondes et front d'onde 910
24.4 Vitesse de propagation: c 912
24.5 Énergie et intensité lumineuse 914
24.6 Origines
 des rayonnements électromagnétiques 916
24.7 Quanta d'énergie 917
24.8 Atomes et lumière 919
24.9 Diffusion et absorption 920

SPECTRE ÉLECTROMAGNÉTIQUE ET ÉNERGIE DES PHOTONS 921

- 24.10** Ondes radio 922
24.11 Micro-ondes 923

- 24.12** L'infrarouge 924
24.13 La lumière 925
24.14 L'ultraviolet 927
24.15 Rayons X 929
24.16 Rayons gamma 930
 Résumé 930
 Suggestions
 pour la résolution des exercices 931
 Questions pour réfléchir 931
 Questions à choix multiples 932
 Exercices 932

25 Propagation de la lumière: diffusion 935**DIFFUSION 936**

- 25.1** Diffusion Rayleigh: le bleu du ciel 936
25.2 Diffusion et interférence 937
25.3 Transmission de la lumière
 dans les milieux denses 938

RÉFLEXION 939

- 25.4** Réflexion interne et réflexion externe 940
25.5 Les lois de la réflexion 941
25.6 Miroir plan 943

RÉFRACTION 945

- 25.7** Indice de réfraction 946
25.8 Lois de Snell-Descartes 948
25.9 Réflexion totale 951

LE MONDE DES COULEURS 954

- 25.10** Blanc, noir et gris 954
25.11 Les couleurs 955
 Résumé 957
 Suggestions
 pour la résolution des exercices 958
 Questions pour réfléchir 958
 Questions à choix multiples 959
 Exercices 960



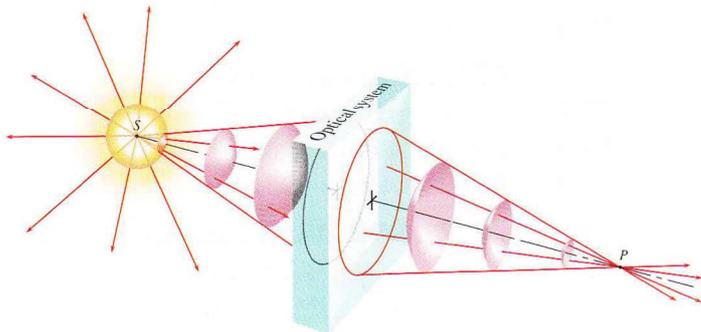
26 Optique géométrique et instruments 965

LENTILLES 966

- 26.1 Surfaces asphériques 967
- 26.2 Lentilles minces sphériques 969
- 26.3 Foyers et plans focaux 973
- 26.4 Formation des images à travers les lentilles 975
- 26.5 Grandissement 977
- 26.6 Lentille simple 979
- 26.7 Systèmes de lentilles 988

MIROIRS 997

- 26.8 Miroirs asphériques 998
- 26.9 Miroirs sphériques 998
- 26.10 Formation des images dans les miroirs 1000
 - Résumé 1004
 - Suggestions pour la résolution des exercices 1004
 - Questions pour réfléchir 1005
 - Questions à choix multiples 1006
 - Exercices 1007



27 Optique ondulatoire 1011

POLARISATION 1012

- 27.1 Lumière naturelle 1012
- 27.2 Polariseurs 1014
- 27.3 Processus de polarisation 1018

INTERFÉRENCE 1022

- 27.4 Cohérence 1024
- 27.5 Expérience de Young 1024
- 27.6 Interférence par réflexion sur les couches minces 1028
- 27.7 Interféromètre de Michelson 1031

DIFFRACTION 1032

- 27.8 Diffraction par une fente unique 1034
- 27.9 Réseau de diffraction 1037
- 27.10 Fentes et obstacles circulaires 1039
- 27.11 Holographie 1041

Résumé 1043

Suggestions

pour la résolution des exercices 1044

Questions pour réfléchir 1044

Questions à choix multiples 1046

Exercices 1047

28 Relativité restreinte 1051

AVANT LA RELATIVITÉ RESTREINTE 1052

- 28.1 Expérience de Michelson et Morley 1052

LA RELATIVITÉ RESTREINTE 1054

- 28.2 Les deux postulats 1055
- 28.3 Simultanéité et temps 1058
- 28.4 Horloges en mouvement : dilatation temporelle 1062
- 28.5 Alice rétrécie : contraction des longueurs 1065
- 28.6 Le « paradoxe » des jumeaux 1067
- 28.7 Monde des merveilles : l'espace-temps 1069
- 28.8 Composition relativiste des vitesses 1070
- DYNAMIQUE RELATIVISTE 1073**
- 28.9 Quantité de mouvement relativiste 1073
- 28.10 Énergie relativiste 1075
 - Résumé 1081
 - Suggestions pour la résolution des exercices 1081
 - Questions pour réfléchir 1081
 - Questions à choix multiples 1083
 - Exercices 1084

29 Origines de la physique moderne 1087

PARTICULES

SUBATOMIQUES 1088

- 29.1 Le quantum de charge 1088
- 29.2 Rayons cathodiques : particules chargées 1089
- 29.3 Rayons X 1094
- 29.4 Découverte de la radioactivité 1097

MODÈLE NUCLÉAIRE DE L'ATOME 1100

- 29.5 Diffusion de Rutherford 1100
- 29.6 Spectres atomiques 1103
- 29.7 Le proton 1104
- 29.8 Le neutron 1106
- 29.9 Dommage des rayonnements, dosimétrie 1108

- Résumé 1110
 Suggestions
 pour la résolution des exercices 1110
 Questions pour réfléchir 1111
 Questions à choix multiples 1112
 Exercices 1113

30 Évolution de la théorie quantique 1117

L'ANCIENNE THÉORIE DES QUANTA 1118

- 30.1** Rayonnement du corps noir 1118
30.2 Quantification de l'énergie :
 L'effet photoélectrique 1123
30.3 Bremsstrahlung 1128
30.4 Effet Compton 1129
LA THÉORIE ATOMIQUE 1130
30.5 Atome de Bohr 1131
30.6 Emission stimulée: Le laser 1136
30.7 Numéro atomique 1139
 Résumé 1141
 Suggestions
 pour la résolution des exercices 1141
 Questions pour réfléchir 1141
 Questions à choix multiples 1143
 Exercices 1144

31 Mécanique quantique 1147

BASE CONCEPTUELLE DE LA MÉCANIQUE QUANTIQUE 1148

- 31.1** Ondes de de Broglie 1148
31.2 Principe de complémentarité 1150
31.3 Équation de Schrödinger 1150
PHYSIQUE QUANTIQUE 1155
31.4 Nombres quantiques 1155
31.5 Effet Zeeman 1156
31.6 Le spin 1157
31.7 Principe d'exclusion de Pauli 1158
31.8 Couches électroniques 1158
31.9 Le principe d'incertitude 1163
31.10 Électrodynamique quantique
 et antimatière 1166
 Résumé 1170
 Suggestions
 pour la résolution des exercices 1170
 Questions pour réfléchir 1170
 Questions à choix multiples 1172
 Exercices 1173

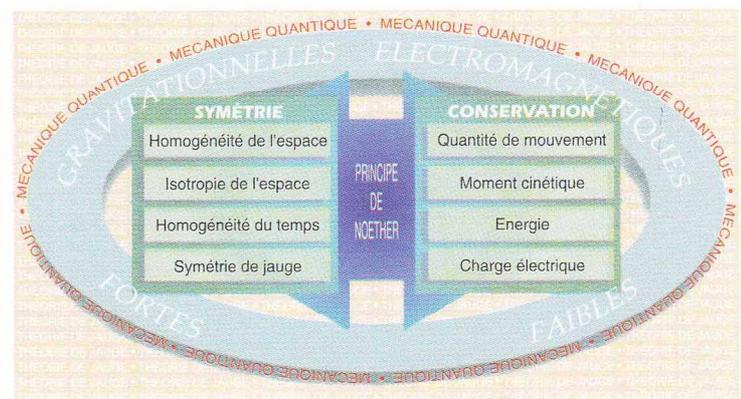
32 Physique nucléaire 1175

STRUCTURE DES NOYAUX 1176

- 32.1** Isotopes 1176
32.2 Taille, forme et spin des noyaux 1178
32.3 La force nucléaire 1181
32.4 Stabilité des noyaux 1183

TRANSMUTATIONS NUCLÉAIRES 1187

- 32.5** Désintégrations radioactives 1187
32.6 L'interaction faible 1192
32.7 Transitions gamma 1193
32.8 Demi-vie 1194
32.9 Radioactivité artificielle 1197
32.10 Fission et fusion 1198
 Résumé 1206
 Suggestions
 pour la résolution des exercices 1206
 Questions pour réfléchir 1207
 Questions à choix multiples 1208
 Exercices 1209



33 Physique des hautes énergies 1213

PARTICULES ÉLÉMENTAIRES 1214

- 33.1** Leptons 1215
33.2 Hadrons 1216

THÉORIE QUANTIQUE DES CHAMPS 1218

- 33.3** Théorie de jauge 1221
33.4 Quarks 1224
33.5 Chromodynamique quantique 1227
33.6 La force électro-faible 1229
33.7 La Théorie de Grande Unification (TGU) et au-delà : La création de l'Univers 1233

Résumé 1236
Suggestions
pour la résolution des exercices 1236
Questions pour réfléchir 1236
Questions à choix multiples 1238
Exercices 1239

Appendices : Une révision mathématique A-1 1241

APPENDICE A: ALGÈBRE A-1 1241

A-1 Puissances de 10 A-2 1242
A-2 Puissances de 10:
notation scientifique A-3 1243
A-3 Logarithmes A-3 1243
A-4 Proportionnalités
et équations A-4 1244
A-5 Approximations A-6 1246

APPENDICE B: GÉOMÉTRIE A-7 1247

APPENDICE C: TRIGONOMÉTRIE A-9 1249

APPENDICE D: VECTEURS A-11 1251

APPENDICE E: DIMENSIONS A-12 1252

APPENDICE F: ANALYSE A-13 1253

Réponses aux exercices R 1

Sources des Reproductions S1

Index I-1