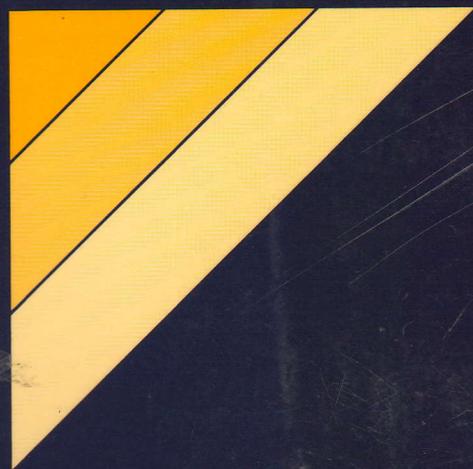


PHYSIQUE GENERALE 2

MICHEL RENAUD, DOMINIQUE SILHOUETTE, ROGER FOURME

PCEM/DEUG B



thermodynamique
optique

COLLECTION ACADEMIC PRESS



PHYSIQUE GÉNÉRALE 2

thermodynamique

optique

TABLE DES MATIÈRES

Chapitre 1. Chocs et théorie cinétique des gaz	1
Chocs	
1. Généralités	1
2. Chocs et lois de conservation. Les bilans	3
3. Exemples de chocs élastiques	4
3.1. Le choc de plein fouet	4
3.2. Choc oblique sur une paroi	5
4. Exemples de chocs inélastiques	6
Théorie cinétique du gaz parfait	
5. Le modèle microscopique du gaz parfait	7
6. Distribution spatiale des vitesses moléculaires et vitesse quadratique moyenne	8
7. Calcul de la pression	9
8. Conséquences	10
Chapitre 2. Thermométrie et échelles de température.	
Le gaz parfait	12
1. Introduction	12

Thermométrie et échelles de température	
2. La température, grandeur mesurable	12
2.1. Principes	12
2.2. Exemples de thermomètres	14
3. Les échelles de référence	16
3.1. L'échelle centésimale à deux repères ou échelle Celsius	16
3.2. L'échelle à un seul repère : température Kelvin ou absolue	17
3.3. Détails expérimentaux. Étalons primaire et secondaire	17
Le gaz parfait	
4. Les propriétés du gaz parfait	19
4.1. A température constante	19
4.2. A pression constante	20
4.3. A volume constant	20
5. Équation d'état du gaz parfait	21
6. Loi de Dalton	22
7. Signification microscopique de la température absolue	23
Chapitre 3. Systèmes thermomécaniques et premier principe de la thermodynamique	
1. Chaleur et puissance dissipée par les forces ne dérivant pas de potentiels. Expérience de Joule	25
2. Transferts de chaleur	27
2.1. Transfert par conduction	27
2.2. Transfert par convection	29
2.3. Transfert par rayonnement	29
3. Systèmes thermomécaniques	30
3.1. Caractéristiques d'un système thermomécanique	30
3.2. Variables thermomécaniques et états d'un système	30
3.3. Équations d'état et variables thermomécaniques indépendantes	31
3.4. Transformations quasi-statiques	31
3.5. Réversibilité et irréversibilité	32
3.6. Transformations monotherme, isotherme, adiabatique, isobare et isochore	33
3.7. Cycles	34
4. Convention de signes. Échanges énergétiques élémentaires	35
4.1. La convention de signes des physiciens	35
4.2. Travaux élémentaires	35
4.3. Quantités de chaleurs élémentaires	38
5. Le premier principe de la thermodynamique ou principe d'équivalence	39

Chapitre 4. Les applications du premier principe	
Résultats généraux	
1. L'énergie interne. Le principe de l'état initial et de l'état final	41
2. Transformations isobares et enthalpie	43
3. Transformations isochores et énergie interne	44
4. Calorimétrie	45
4.1. Définitions	45
4.2. Postulat de la calorimétrie	46
4.3. Chaleurs massiques des gaz	46
4.4. Chaleurs massiques des phases condensées (liquides et solides)	47
Le gaz parfait	
5. Loi de Joule et relation de Mayer	48
6. Applications aux chaleurs de réactions	50
7. Transformations isothermes	51
8. Transformations adiabatiques	52
8.1. Transformations réversibles	52
8.2. Diagramme de Clapeyron d'une isotherme et d'une adiabatique	53
9. Transformations quelconques	54
9.1. Formule générale	54
9.2. Application aux transformations isobares	55
9.3. Application aux transformations isochores	55
10. Théorie cinétique et chaleurs massiques molaires du gaz parfait	55
11. L'équipartition de l'énergie et ses conséquences	56
11.1. Le gaz parfait monoatomique	56
11.2. Le gaz parfait diatomique	57
11.3. Loi de Dulong et Petit	59
Chapitre 5. Second principe de la thermodynamique et entropie	
1. Les énoncés du second principe de la thermodynamique	60
1.1. Principe d'évolution	60
1.2. Énoncé de Thomson (Kelvin)	61
1.3. Énoncé de Clausius	61
1.4. Principe de Carnot	62

2. Cycles de Carnot. Rendements. Théorème de Carnot	66
2.1. Cas d'un moteur thermique	66
2.2. Cas d'un réfrigérateur ou d'une pompe à chaleur	69
3. L'entropie	71
3.1. Cycles réversibles à plus de deux sources de chaleur	71
3.2. Introduction de la notion d'entropie	73
3.3. Expressions de l'entropie du gaz parfait	74
4. Entropie et transformations irréversibles. Inégalité de Clausius	75
4.1. Transformations irréversibles et inégalité de Clausius	75
4.2. Retour sur le théorème de Carnot	76
4.3. Entropie et inégalité de Clausius	77
5. Exemples de calcul de variations d'entropie	78
Chapitre 6. Changements d'état d'un corps pur	79
1. Réseau d'isothermes. Changement d'état gaz-liquide	79
1.1. Les faits expérimentaux	79
1.2. L'état fluide	81
1.3. Représentation (T, p) et courbe de vaporisation	82
2. Changements d'état fluide-solide	83
3. Transformations infinitésimales d'un corps pur et coefficients thermomécaniques	85
3.1. Coefficient de dilatation isobare	86
3.2. Coefficient de dilatation isochore	86
3.3. Coefficient de compressibilité isotherme	87
3.4. Exemples d'utilisation des coefficients thermomécaniques	87
3.5. Ordres de grandeur des coefficients thermomécaniques	88
4. Transformations infinitésimales d'un corps pur et principes de la thermodynamique	88
4.1. Travail et chaleur dans une transformation infinitésimale	88
4.2. Variations élémentaires de l'énergie interne et de l'entropie associées à une transformation infinitésimale d'un corps pur. Conséquences	89
5. Chaleurs latentes et formule de Clapeyron	90
5.1. Chaleurs latentes de changements d'état	90
5.2. Signes et ordres de grandeurs des chaleurs latentes	90
5.3. La formule de Clapeyron	91
5.4. Conséquences de la formule de Clapeyron	92
Chapitre 7. Phénomènes de transport	94
1. Généralités	94

Les phénomènes de transport d'un point de vue phénoménologique	
2. La diffusion moléculaire : les lois de Fick	95
2.1. L'équation de continuité	95
2.2. Les lois de Fick	97
2.3. Exemple de résolution de l'équation de diffusion en régime stationnaire	98
2.4. Application à la mesure de la section moyenne des pores d'une membrane	98
2.5. Exemple de résolution en régime non stationnaire	99
3. La conduction thermique : la loi de Fourier	100
3.1. La loi de Fourier et l'équation de la chaleur	100
3.2. Exemple de résolution en régime stationnaire	102
3.3. Exemple de résolution en régime non stationnaire	102
4. La viscosité	103
5. La conduction électrique : la loi d'Ohm	104
Les phénomènes de transport d'un point de vue microscopique	
6. Section efficace et libre parcours moyen	106
6.1. Notion de section efficace	106
6.2. Notion de libre parcours moyen	107
7. Théorie cinétique élémentaire des phénomènes de transport	108
7.1. Le modèle moléculaire	108
7.2. La théorie élémentaire des phénomènes de transport	109
7.3. La définition moléculaire des coefficients de transport	111
7.4. Propriétés des coefficients de transport	111
8. Théorie cinétique élémentaire de la conductivité électrique	112
9. Diffusion et mobilité : la relation d'Einstein	113
Chapitre 8. Propagation des ondes et phénomènes vibratoires	115
Les ondes de propagation	
1. Introduction	115
2. Description mathématique de la propagation d'un ébranlement	116
3. L'équation différentielle d'un ébranlement de propagation	117
4. Les propriétés d'une onde harmonique (ou sinusoïdale) de propagation	118
5. Ondes de propagation	121

6. Ondes de propagation à deux et trois dimensions	122
6.1. Polarisation d'une onde de propagation	123
6.2. Notion de surface d'onde	123
6.3. Intensité d'une onde de propagation	126
6.4. Isotropie et anisotropie des milieux de propagation	127
7. Le principe et la construction d'Huyghens	127
8. L'effet Doppler	129
8.1. Principe de l'effet Doppler	129
8.2. La spermovélocimétrie par effet Doppler	130
Les phénomènes vibratoires	
9. La composition des ondes harmoniques de propagation	131
10. Interférence de deux ondes harmoniques, de même état de polarisation et de même fréquence	133
10.1. Ondes ayant la même direction de propagation	133
10.2. Interférences spatiales	136
10.3. Ondes stationnaires unidimensionnelles	140
11. Battement de deux ondes harmoniques, de même état de polarisation, de même direction de propagation et de fréquences différentes	143
Chapitre 9. Les ondes électromagnétiques et la lumière polarisée	146
Généralités sur les ondes électromagnétiques	
1. La propagation des ondes électromagnétiques dans le vide	146
2. Propagation dans un milieu matériel. Indice de réfraction absolu	149
3. Notion de chemin optique	150
3.1. Définition	150
3.2. Application aux lames de phase	151
4. Notion de rayons lumineux	152
5. Dualité onde-corpuscule	153
6. Le spectre du rayonnement électromagnétique	154
La lumière polarisée	
7. Polarisation linéaire, elliptique et circulaire	155
8. Lumière naturelle et lumière partiellement polarisée	158
9. Dichroïsme	159
10. Biréfringence	160

Chapitre 10. Éléments d'optique géométrique. Systèmes optiques	162
Éléments d'optique géométrique	
1. Réflexion et réfraction des ondes planes	162
1.1. Les lois de Descartes	162
1.2. Discussion des lois de Descartes : la réflexion totale	165
2. Définitions propres à l'optique géométrique	166
2.1. Système optique	166
2.2. Image d'un point lumineux	166
2.3. Point lumineux virtuel	167
3. Miroir plan	168
4. Miroirs sphériques	169
5. Réfraction par un dioptre sphérique	173
6. Lentilles minces	176
Quelques exemples de systèmes optiques	
7. La loupe	179
8. Le microscope	181
9. Microscope à contraste de phase	182
9.1. Principe du contraste de phase	182
9.2. Réalisation pratique	184
10. Microscope interférentiel à deux ondes	184
10.1. Principe d'un interféromètre à deux ondes	184
10.2. Microscope interférentiel à deux ondes	185
Chapitre 11. Introduction aux phénomènes de diffraction	186
1. Origine des phénomènes de diffraction	186
2. Diffraction à l'infini par une fente rectangulaire étroite et très longue	188
3. Diffraction à l'infini par une pupille circulaire	192
4. Réseaux de diffraction	194
4.1. Interférence de N sources synchrones, distantes de a et d'intensité i	195
4.2. Réseau de diffraction par transmission éclairé en incidence normale	196
4.3. Propriétés des réseaux	198

Annexe mathématique	201
1. Formulaire de trigonométrie	201
1.1. Définitions des fonctions trigonométriques	201
1.2. Relations entre les fonctions trigonométriques d'un angle x	202
1.3. Fonctions trigonométriques de quelques angles	203
1.4. Relations entre les fonctions trigonométriques de certains angles liés par une relation simple	203
1.5. Formules pour l'addition et la soustraction des angles	204
1.6. Formules de la division des angles	204
1.7. Transformations trigonométriques	204
2. Exponentielles et logarithmes	204
2.1. Définition de e	204
2.2. Définitions des fonctions hyperboliques	205
2.3. Logarithmes	206
3. Série de Taylor et développements limités	207
4. Dérivées et primitives de fonctions usuelles	208
5. Intégrale définie sur (a, b)	209
6. Dérivées partielles	209
7. Différentielle et forme différentielle d'une fonction de plusieurs variables	210
7.1. Différentielle	210
7.2. Forme différentielle	210
7.3. Relations entre les dérivées partielles d'une fonction $f(x, y, z)$ de trois variables	211

Les auteurs

Michel Renaud, Dominique Silhouette et Roger Fourme sont des enseignants-chercheurs de l'Université Paris-Val de Marne. Après avoir effectué des recherches dans divers domaines de la physique (R.M.N., lasers à gaz) et de la physicochimie (Fluorescence X, radio-cristallographie à température et pression variables, polymorphisme et dynamique des cristaux moléculaires), ils ont orienté leurs travaux vers les études structurales par diffraction et spectroscopie d'absorption X de macromolécules biologiques et vers le développement des détecteurs de rayons X à localisation.

L'ouvrage

L'ouvrage se présente en deux tomes :

- Tome 1 - mécanique, électricité : mécanique (principes, interactions, fluides) et électricité (courants continu et alternatif).
- Tome 2 - thermodynamique, optique : principes de la thermodynamique et quelques applications, phénomènes de transport, phénomènes de propagation (notamment en optique et acoustique).

L'ouvrage est complété par un livre d'exercices avec solutions publié par les mêmes auteurs aux Editions Etudes Vivantes.

ÉTUDES VIVANTES