

Table des matières

I. Systèmes à N corps. Approche thermodynamique

1. Introduction	1
2. Le système à N corps le plus simple : le gaz parfait	1
2.1. L'énergie interne d'un système de N points matériels.....	1
2.2. Chaleur et température.....	5
2.3. La température absolue.....	7
2.4. Pression : grandeur locale.....	8
3. Le langage de la thermodynamique	9
3.1. Le principe de conservation.....	9
3.2. L'énergie interne est-elle une grandeur extensive ?.....	10
3.3. L'entropie et le second principe.....	13
3.4. Propriétés de l'entropie	14
4. Les systèmes réels	17
4.1. Gaz monoatomiques et diatomiques.....	17
4.2. Gaz réels, liquides, solides.....	19
4.3. Les capacités calorifiques.....	21
4.4. Les transformations.....	23
4.5. Les gaz réels.....	28
4.6. Systèmes quelconques.....	30
5. L'équilibre thermodynamique	34
6. La thermochimie	37
6.1. Les enthalpies de réaction.....	37
6.2. L'entropie d'un corps pur.....	39
6.3. Equilibres chimiques.....	40

II. La physique statistique

1. L'entropie statistique	43
2. La statistique de Maxwell-Boltzmann	46
3. Les gaz parfaits : identification de la température thermodynamique	48
4. L'apport de la physique quantique	49
4.1. L'hypothèse ergodique, ensembles statistiques.....	49
4.2. Micro-états quantiques.....	50
5. Statistiques quantiques	54

5.1. Statistique d'occupation des Fermions.....	54
5.2. Statistique des Bosons.....	57
6. Quelques propriétés électroniques des solides.....	58
6.1. Niveaux électroniques dans les solides.....	58
6.2. Métaux-isolants ?.....	66
6.3. Position du niveau de Fermi d'un gaz d'électrons libres.....	67
6.4. Capacité calorifique d'un gaz d'électrons libres.....	69
6.5. Le paramagnétisme de spin.....	70
6.6. Températures négatives : mathématiques ou réalité physique ?.....	71
7. Quelques propriétés des solides décrites par la statistique de Bose-Einstein.....	74
7.1. La capacité calorifique de solides.....	74
7.2. Vibrations de réseau.....	76
7.3. Les phonons.....	78
7.4. Interprétation microscopique de la capacité calorifique des solides.....	79
8. Rayonnement électromagnétique des solides.....	82
8.1. La loi de Planck.....	82
8.2. Quelques définitions de photométrie.....	85
8.3. Pyrométrie optique.....	87
9. Conclusion.....	90

III. Thermodynamique des processus irréversibles

1. Le formalisme de la thermodynamique des processus irréversibles.....	91
1.1. Position du problème.....	91
1.2. L'approximation du déséquilibre faible.....	92
1.3. L'équation de continuité.....	93
1.4. Forces et densités de courant généralisées.....	94
1.5. Phénomènes croisés et relations d'Onsager.....	96
1.6. Conclusion.....	96
2. Les phénomènes thermoélectriques.....	97
2.1. Courants électriques et effet Joule.....	97
2.2. Propagation de chaleur.....	98
2.3. Les phénomènes croisés (thermoélectriques).....	104
3. Les phénomènes de diffusion.....	109
3.1. Potentiels chimiques et densités de courant particulières.....	109
3.2. L'équation de Fick.....	111
3.3. Méthodes de résolution de l'équation de Fick.....	112
3.4. Défauts ponctuels et mécanismes microscopiques de diffusion.....	114
3.5. Diffusion activée par des champs extérieurs.....	117
3.6. Répartitions d'équilibre.....	119
4. Conclusion.....	124

IV. Le solide supposé indéformable

1. Masse volumique, barycentre.....	125
2. Cinématique des solides.....	128
2.1. Champ des vitesses d'un solide.....	128
2.2. La quantité de mouvement du solide.....	130
2.3. Le moment cinétique.....	130
2.4. L'énergie cinétique.....	132
2.5. Le théorème de Huygens Schteiner.....	133
2.6. Le tenseur d'inertie.....	133
2.7. Exemples de calculs des moments d'inertie.....	134
3. Les lois de la dynamique des solides.....	137
3.1. Le principe fondamental.....	137
3.2. Le théorème du moment cinétique.....	137
3.3. Statique des solides.....	138
4. Quelques exemples d'utilisation des théorèmes précédents.....	138
4.1. L'oscillation du balancier d'horloge.....	138
4.2. La machine d'Atwood.....	139
4.3. Le gyroscope.....	141
5. Propriétés des mouvements de solides en contact	141
5.1. Roulements, glissements ?.....	141
5.2. Les forces de frottement solide-solide.....	143
6. Conclusion.....	146

V. Déformation des solides

1. Structure des solides.....	147
1.1. Matériaux cristallins ou amorphes ?.....	147
1.2. Les vecteurs de base du réseau direct.....	148
1.3. Les plans réticulaires.....	149
1.4. Le groupe ponctuel et les réseaux de Bravais.....	150
1.5. Diffraction des rayons X et des électrons par les cristaux.....	152
2. Propriétés élastiques des solides.....	157
2.1. Le champ de déplacement.....	157
2.2. Le champ de contraintes.....	159
2.3. Dynamique, équilibre.....	160
2.4. La loi de Hooke.....	162
2.5. Les matériaux isotropes.....	164
2.6. Quelques applications de la théorie de l'élasticité.....	167
3. Déformation plastique des matériaux.....	174
3.1. Le problème de la limite élastique.....	174
3.2. L'hypothèse des dislocations cristallines.....	175
3.3. La force de Peach et Köhler.....	181
3.4. Aspect thermodynamique.....	181
3.5. Conclusion.....	184

VI. Les fluides

1. Définition d'un fluide	185
2. Cinématique des fluides	186
2.1. La particule fluide.....	186
2.2. Description Eulérienne ou Lagrangienne.....	187
2.3. Accélération d'une particule fluide.....	187
2.4. Décomposition du champ de vitesse au voisinage d'un point.....	187
3. Les forces internes	188
4. Dynamique des fluides	192
4.1. L'équation de la dynamique.....	192
4.2. L'équation de Navier-Stokes.....	193
4.3. Prédicibilité et chaos.....	194
4.4. Les conditions limites.....	196
5. Statique des fluides	197
5.1. Equations caractéristiques.....	197
5.2. Variation de la pression avec l'altitude dans un fluide gazeux.....	197
5.3. Variation de la pression avec l'altitude dans un fluide liquide.....	198
5.4. Le théorème de Pascal.....	198
5.5. Le principe d'Archimède.....	199
5.6. Quelques applications de l'hydrostatique.....	199
5.7. Mesure des pressions.....	201
6. Ecoulements	202
6.1. Lignes et tubes de courant, trajectoires.....	202
6.2. Ecoulements laminaires et turbulents.....	203
6.3. Vecteur courant volumique, débit masse, débit volume.....	204
6.4. Bilan de masse.....	204
6.5. Dynamique des fluides non visqueux (ou fluides parfaits).....	205
7. Les fluides visqueux	212
8. Vorticité	216
8.1. L'analogie avec le magnétisme.....	216
8.2. Tube de vorticité rectiligne.....	217
8.3. Le vortex de Rankine.....	218
9. Les forces de frottement visqueux	219
9.1. La fonction de courant.....	219
9.2. Ecoulement à faible nombre de Reynolds.....	220
9.3. Forces et couples s'exerçant sur un solide en mouvement.....	220
10. Les phénomènes de surface	225
10.1. Introduction.....	225
10.2. Mise en évidence et définition de la tension superficielle.....	226
10.3. L'équation de Laplace.....	228

10.4. Cas de trois phases en présence.....	230
10.5. Les phénomènes de capillarité.....	232
10.6. Cohésion des liquides.....	234
11. Conclusion.....	235

VII. L'électromagnétisme dans les milieux matériels

1. Grandeurs moyennes locales.....	237
2. Propriétés électriques des conducteurs.....	239
2.1. Equilibre électrique dans les conducteurs.....	239
2.2. Le théorème de Coulomb.....	240
2.3. Ensemble de conducteurs à l'équilibre électrostatique.....	241
2.4. Les condensateurs.....	244
2.5. Association de condensateurs.....	247
3. Les isolants ou diélectriques.....	248
3.1. Introduction.....	248
3.2. Développement multipolaire d'une distribution de charges.....	249
3.3. Origines de la polarisation induite dans les milieux diélectriques.....	251
3.4. Calcul du champ total régnant dans un diélectrique.....	254
3.5. Le problème du calcul du champ macroscopique.....	256
3.6. La réponse diélectrique dynamique.....	258
4. Propriétés magnétiques des milieux matériels.....	259
4.1. Le potentiel vecteur créé par les moments magnétiques.....	260
4.2. Moments magnétiques dans la matière.....	261
4.3. Modèles de magnétisation de la matière.....	263
4.4. Magnétostatique des milieux aimantés.....	267
5. Ondes électromagnétiques dans la matière.....	269
6. Les équations de passage à la traversée d'un dioptre.....	272
7. Propriétés des ondes électromagnétiques à la traversée d'un dioptre.....	275
7.1. Les lois de Descartes-Snell.....	275
7.2. Réflexion et transmission de l'énergie électromagnétique.....	276
7.3. L'incidence de Brewster et la lumière polarisée.....	278
7.4. Possibilité de l'optique traitée : exemple de la lame quart d'onde.....	279
7.5. Propriété optique des métaux.....	281
8. Courants électriques dépendant du temps, courant alternatif.....	281
8.1. Bobines, self, auto-induction.....	281
8.2. Condensateurs.....	283
8.3. Le courant alternatif.....	285
9. Conclusion.....	288
<i>Epilogue.....</i>	<i>291</i>

<i>Bibliographie</i>	293
<i>Index alphabétique</i>	295