

*Aide-mémoire  
de physique*

---

B. YAVORSKI  
et  
A. DETLAF

---

**EM**

*Editions de Moscou*

# Table des matières

---

## PREMIÈRE PARTIE

### ÉLÉMENTS PHYSIQUES DE MÉCANIQUE CLASSIQUE

#### *Chapitre premier. Cinématique du point matériel et du solide parfait*

1. Notions préliminaires	17
2. Vitesse	22
3. Accélération	25
4. Mouvements de translation et de rotation du solide parfait	27
5. Mouvements absolu, relatif et d'entraînement	31
6. Quelques cas de composition des mouvements d'un solide	34

#### *Chapitre 2. Dynamique du mouvement de translation*

1. Première loi de Newton	37
2. Force	38
3. Masse	40
4. Deuxième loi de Newton	43
5. Troisième loi de Newton	45
6. Loi fondamentale de la dynamique du mouvement de translation	45
7. Loi de la conservation de la quantité de mouvement	47
8. Mouvement d'un corps de masse variable	49
9. Principe mécanique de relativité	50
10. Loi de l'attraction universelle	52
11. Champ de gravitation	55

12. Frottement externe	58
13. Mouvement dans les référentiels non galiléens	60
<i>Chapitre 3. Travail et énergie mécanique</i>	
1. Energie	62
2. Travail	63
3. Puissance	65
4. Fonction de forces	66
5. Energie mécanique	67
6. Loi de la conservation de l'énergie mécanique	72
7. Choc	73
<i>Chapitre 4. Dynamique du mouvement de rotation</i>	
1. Moment de force	75
2. Moment d'inertie	76
3. Moment cinétique	81
4. Loi fondamentale de la dynamique du mouvement de rotation	83
5. Loi de la conservation du moment cinétique	84
6. Mouvement sous l'action de forces centrales	86
7. Gyroscope	90
<i>Chapitre 5. Eléments de mécanique analytique</i>	
1. Notions principales et définitions	95
2. Equations de Lagrange de seconde espèce	99
3. Fonction de Hamilton. Equations canoniques de Hamilton	101
4. Notion de principes variationnels en mécanique	104
5. Transformations canoniques	109
6. Lois de conservation	112
<i>Chapitre 6. Oscillations mécaniques</i>	
1. Notions fondamentales	116
2. Petites oscillations d'un système à un degré de liberté	120
3. Petites oscillations d'un système à plusieurs degrés de liberté	128
4. Oscillations d'un système non linéaire à un degré de liberté	140

## DEUXIÈME PARTIE

ÉLÉMENTS DE THERMODYNAMIQUE  
ET DE PHYSIQUE MOLÉCULAIRE

<i>Chapitre premier. Notions fondamentales</i>	151
<i>Chapitre 2. Lois des gaz parfaits</i>	
1. Gaz parfaits	157
2. Mélanges de gaz parfaits	158
<i>Chapitre 3. Premier principe de la thermodynamique</i>	
1. Energie interne et enthalpie	161
2. Travail et chaleur	163
3. Capacité calorifique	164
4. Premier principe de la thermodynamique	166
5. Transformations thermodynamiques simples des gaz parfaits	169
<i>Chapitre 4. Deuxième et troisième principes de la thermodynamique</i>	
1. Transformations réversibles et irréversibles	174
2. Transformations fermées (cycles). Cycle de Carnot	175
3. Deuxième principe de la thermodynamique	181
4. Entropie	182
5. Relation fondamentale de la thermodynamique	187
6. Fonctions caractéristiques et potentiels thermodynamiques	188
7. Equations différentielles fondamentales de la thermodynamique (pour un système équilibré monophasé à un constituant, en l'absence de forces à part la pression extérieure uniforme)	192
8. Diagramme $s - T$	196
9. Systèmes à plusieurs constituants et polyphasés. Conditions d'équilibre thermodynamique	200
10. Equilibre chimique	208
11. Troisième principe de la thermodynamique	211
<i>Chapitre 5. Théorie cinétique des gaz</i>	
1. Equation fondamentale de la théorie cinétique des gaz	213
2. Loi de la distribution des vitesses moléculaires de Maxwell	214
3. Libre parcours moyen des molécules	218

4. Phénomènes de transfert dans les gaz	219
5. Propriétés des gaz raréfiés	224
<i>Chapitre 6. Eléments de physique statistique</i>	
1. Introduction	227
2. Probabilité d'un état du système. Valeurs moyennes des grandeurs physiques	228
3. Distribution de Gibbs	229
4. Loi de l'équipartition de l'énergie par degrés de liberté	233
5. Distribution de Maxwell-Boltzmann	234
6. Statistique quantique	235
7. Distributions quantiques de Bose-Einstein et de Fermi-Dirac	236
8. Dégénérescence des gaz obéissant à la statistique quantique	239
9. Capacités calorifiques des gaz mono et diatomiques	243
10. Sens statistique du second principe de la thermodynamique	247
11. Fluctuations	248
12. Influence des fluctuations sur la sensibilité des appareils de mesure	251
13. Fluctuations électriques dans l'appareillage de radio	252
14. Mouvement brownien	253
<i>Chapitre 7. Gaz réels et vapeurs</i>	
1. Equations d'état des gaz réels	256
2. Forces d'interaction intermoléculaires dans les gaz	258
3. Etranglement des gaz. Effet Joule-Thomson	260
4. Isothermes des gaz réels. Vapeurs. Etat critique de la substance	261
5. Liquéfaction des gaz	263
<i>Chapitre 8. Liquides</i>	
1. Propriétés générales et structure des liquides	265
2. Propriétés de la couche superficielle du liquide	269
3. Mouillage. Capillarité	270
4. Evaporation et ébullition des liquides	272
5. Propriétés des solutions diluées	274
6. Superfluidité de l'hélium	276
<i>Chapitre 9. Corps solides cristallins</i>	
1. Propriétés fondamentales et structure des solides	278
2. Dilatation thermique des corps solides	281

## Table des matières

9

3. Conductibilité thermique des solides	283
4. Capacité calorifique des corps solides	287
5. Transformations de phase des corps solides	289
6. Adsorption	292
7. Propriétés élastiques des corps solides	293

### Chapitre 10. Corps amorphes

1. Propriétés générales et structure des corps amorphes	299
2. Propriétés visco-élastiques des corps amorphes	302

### Chapitre 11. Polymères

1. Propriétés générales et structure des polymères	305
2. Statistique de configuration des chaînes polymères	310
3. Solutions diluées de polymères	314
4. Cristallinité des polymères	316
5. Propriétés mécaniques des polymères	318

## TROISIÈME PARTIE

### ÉLÉMENTS D'HYDROAÉROMÉCANIQUE

#### Chapitre premier. Hydroaérostatique

1. Introduction	323
2. Hydroaérostatique	324

#### Chapitre 2. Hydroaérodynamique

1. Notions fondamentales	328
2. Equation de continuité	332
3. Equation du mouvement d'un fluide	333
4. Equation de l'énergie	340
5. Éléments de théorie des dimensions et de théorie de la similitude	342
6. Mouvement des corps dans un fluide. Couche limite	348
7. Mouvement des fluides dans les conduites	351

## QUATRIÈME PARTIE

### ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME

#### Chapitre premier. Electrostatique

1. Notions fondamentales. Loi de Coulomb	356
2. Champ électrique. Intensité du champ	357
3. Déplacement électrique. Théorème d'Ostrogradski-Gauss pour le flux de déplacement	363

4. Potentiel du champ électrostatique	365
5. Conducteurs dans un champ électrostatique	371
6. Capacité	374
7. Diélectriques dans un champ électrique	376
8. Ferroélectriques. Effet piézoélectrique	385
9. Energie d'un conducteur chargé et d'un champ électrique	387
<i>Chapitre 2. Courant électrique continu dans les métaux</i>	
1. Notions et définitions fondamentales	391
2. Théorie électronique de conductibilité	392
3. Lois du courant continu	396
4. Lois de Kirchhoff	399
<i>Chapitre 3. Courant électrique dans les fluides</i>	
1. Conduction des liquides. Dissociation électrolytique	402
2. Lois de l'électrolyse	403
3. Atomicité de l'électricité	404
4. Loi d'Ohm en électrolyse	404
5. Conductibilité électrique des gaz	405
6. Décharge semi-autonome dans les gaz	406
7. Décharge autonome dans les gaz	407
8. Notions sur le plasma	411
<i>Chapitre 4. Courant électrique dans les semiconducteurs</i>	
1. Conduction intrinsèque des semiconducteurs	416
2. Conduction par impuretés des semiconducteurs	418
3. L'effet Hall dans les métaux et semiconducteurs	419
<i>Chapitre 5. Phénomènes thermoélectriques, de contact et d'émission</i>	
1. Phénomènes de contact dans les métaux. Lois de Volta	422
2. Phénomènes de contact dans les semiconducteurs	425
3. Phénomènes thermoélectriques dans les métaux et les semiconducteurs	433
4. Phénomènes d'émission dans les métaux	438
<i>Chapitre 6. Champ magnétique du courant continu</i>	
1. Champ magnétique. Loi d'Ampère	442
2. Loi de Biot-Savart-Laplace	444
3. Champs magnétiques élémentaires des courants	447
4. Action du champ magnétique sur les conducteurs parcourus par des courants. Interaction des conducteurs	453

<i>Table des matières</i>	11
5. Loi du courant total. Circuits magnétiques	455
6. Travail de déplacement d'un conducteur parcouru par un courant dans le champ magnétique	459
<i>Chapitre 7. Mouvement de particules chargées dans des champs électrique et magnétique</i>	
1. Force de Lorentz	461
2. Charge spécifique des particules. Spectrographie de masse	463
3. Accélérateurs de particules chargées	464
4. Notions d'optique électronique	467
<i>Chapitre 8. Induction électromagnétique</i>	
1. Loi fondamentale de l'induction électromagnétique	474
2. Courants de Foucault	476
3. Phénomène de self-induction	477
4. Induction mutuelle. Transformateur	482
5. Energie du champ magnétique du courant électrique	483
<i>Chapitre 9. Propriétés magnétiques de la matière</i>	
1. Moments magnétiques des électrons et des atomes	486
2. Classification des substances magnétiques	489
3. Diamagnétisme	491
4. Paramagnétisme	492
5. Champ magnétique dans les substances magnétiques	494
6. Ferromagnétisme	496
7. Supraconductivité	501
<i>Chapitre 10. Oscillations électromagnétiques</i>	
1. Circuit oscillant	505
2. Oscillations électromagnétiques forcées	508
3. Redresseurs et amplificateurs électroniques et à semi-conducteurs	512
<i>Chapitre 11. Eléments de l'électrodynamique des milieux immobiles</i>	
1. Caractéristique générale de la théorie de Maxwell	519
2. Première équation de Maxwell	520
3. Courant de déplacement. Deuxième équation de Maxwell	521
4. Système complet d'équations de Maxwell pour le champ électromagnétique	523



- |  |     |
|--|-----|
| 5. Résolution des équations de Maxwell par la méthode des potentiels retardés (pour $\epsilon, \mu = \text{const}$ ) | 525 |
| 6. Lois de la conservation dans le champ électromagnétique   | 527 |
| 7. Bases fondamentales de la théorie électronique. Système d'équations de Lorentz                                    | 529 |
| 8. Médiation des équations des champs microscopiques   | 530 |

*Chapitre 12. Eléments de l'hydrodynamique magnétique*

- |  |     |
|--|-----|
| 1. Equations d'hydrodynamique magnétique | 534 |
| 2. Ondes magnéto-hydrodynamiques         | 538 |
| 3. Discontinuités et ondes de choc       | 540 |

*Chapitre 13. Eléments de la théorie de la relativité restreinte*

- |   |     |
|---|-----|
| 1. Principe de relativité d'Einstein  | 544 |
| 2. Intervalles  | 545 |
| 3. Transformation de Lorentz et ses conséquences                              | 548 |
| 4. Transformation de la vitesse   | 550 |
| 5. Vitesse et accélération quadridimensionnelles                              | 550 |
| 6. Dynamique relativiste  | 551 |
| 7. Concept sur les transformations de Lorentz pour un champ électromagnétique | 554 |
| 8. Effet Cerenkov (effet Cerenkov-Vavilov)                                    | 556 |
| 9. Effet Doppler en optique   | 558 |

CINQUIÈME PARTIE

MOUVEMENTS ONDULATOIRES

*Chapitre premier. Eléments d'acoustique*

- |   |     |
|---|-----|
| 1. Introduction   | 559 |
| 2. Vitesse de propagation des ondes sonores (vitesse du son)                                  | 560 |
| 3. Equation de l'onde   | 561 |
| 4. Ondes longitudinales sinusoïdales  | 564 |
| 5. Energie des ondes acoustiques  | 567 |
| 6. Réflexion et réfraction des ondes acoustiques longitudinales (en l'absence de diffraction) | 569 |
| 7. Ondes stationnaires  | 573 |
| 8. Effet Doppler  | 576 |
| 9. Absorption et diffusion des ondes acoustiques  | 577 |
| 10. Eléments d'acoustique physiologique   | 579 |

<i>Table des matières</i>	13
11. Ultrason	580
12. Ondes de choc dans les gaz	583
<i>Chapitre 2. Ondes électromagnétiques</i>	
1. Caractéristique générale	589
2. Rayonnement d'ondes électromagnétiques	596
3. Radiocommunication, télévision, radiolocalisation (radar) et radioastronomie	606
<i>Chapitre 3. Passage de la lumière à travers la surface de séparation de deux milieux</i>	
1. Interaction des ondes électromagnétiques avec la substance	610
2. Réflexion et réfraction de la lumière par les diélectriques	611
3. Polarisation de la lumière lors de réflexion et de réfraction	617
4. Éléments d'optique métallique	619
<i>Chapitre 4. Interférence de la lumière</i>	
1. Ondes cohérentes	622
2. Chemin optique	626
3. Interférence dans les lames minces	628
<i>Chapitre 5. Diffraction de la lumière</i>	
1. Principe de Huyghens-Fresnel	631
2. Composition graphique des amplitudes des ondelettes	633
3. Diffraction de Fresnel	635
4. Diffraction de Fraunhofer	639
5. Phénomènes de diffraction dus aux structures multi-dimensionnelles	646
6. Diffraction des ondes radioélectriques	650
<i>Chapitre 6. Optique géométrique</i>	
1. Principes fondamentaux	651
2. Miroir plan. Lame à face plan-parallèles. Prisme	653
3. Réfraction et réflexion par une surface sphérique	654
4. Lentilles minces	657
5. Systèmes optiques centrés	660
6. Principaux instruments d'optique	663
7. Défauts des systèmes optiques	667
8. Pouvoir séparateur des instruments d'optique	672
9. Éléments de photométrie	675

*Chapitre 7. Polarisation de la lumière*

1. Procédés d'obtention d'une lumière polarisée	678
2. Notions d'optique cristalline	679
3. Biréfringence	685
4. Biréfringence artificielle	688
5. Analyse de la lumière polarisée. Polarisation elliptique et circulaire de la lumière	690
6. Interférence des rayons polarisés	692
7. Rotation du plan de polarisation	696

*Chapitre 8. Optique moléculaire*

1. Dispersion de la lumière	699
2. Analyse spectrale	703
3. Absorption de la lumière	708
4. Diffusion de la lumière	710

*Chapitre 9. Rayonnement thermique*

1. Rayonnement thermique	715
2. Lois du rayonnement du corps noir	718
3. Notion de pyrométrie optique	722

*Chapitre 10. Effets de la lumière*

1. Effet photoélectrique	725
2. Effet Compton	729
3. Pression de radiation	732
4. Actions chimiques de la lumière	733

*Chapitre 11. Luminescence*

1. Classification des processus de luminescence et leur évolution	736
2. Lois de la luminescence	739

## SIXIÈME PARTIE

## PHYSIQUE ATOMIQUE ET NUCLÉAIRE

*Chapitre premier. Éléments de mécanique quantique non relativiste*

1. Propriétés ondulatoires des particules. Fonction d'onde	742
2. Equation de Schrödinger	745
3. Relations d'incertitude de Heisenberg	746
4. Problèmes les plus simples de mécanique quantique	748
5. Transitions quantiques	767

*Chapitre 2. Atome*

1. Atomes et ions à un électron de valence	773
2. Atomes multiélectroniques	781
3. Modèle vectoriel de l'atome	785
4. Effet Zeeman et phénomènes de résonance	789
5. Effet Stark dans les systèmes hydrogénoïdes	795
6. Principe de Pauli. Système périodique des éléments	796
7. Rayons X	802

*Chapitre 3. Molécule*

1. Molécules ioniques	805
2. Molécules atomiques	807
3. Spectres électroniques des molécules	812
4. Spectres de vibration des molécules	816
5. Spectres de rotation des molécules	819
6. Spectres électroniques de vibration des molécules	823
7. Spectres de rotation-vibration	824
8. Spectres combinatoires des molécules	826
9. Spectres continus et diffus des molécules	827
10. Spectroscopie moléculaire	828
11. Ionisation des atomes et des molécules	829

*Chapitre 4. Noyau atomique*

1. Constitution et dimensions des noyaux atomiques	832
2. Energie de liaison des noyaux. Forces nucléaires	834
3. Propriétés magnétiques et électriques des noyaux	838
4. Modèles du noyau	841
5. Radioactivité	845
6. Désintégration alpha	851
7. Désintégration bêta	854
8. Rayons gamma	859
9. Passage des particules chargées et des rayons gamma à travers la substance	863
10. Méthodes d'observation et de détection des particules ionisantes et des quanta de rayonnement	874

*Chapitre 5. Réactions nucléaires*

1. Notions fondamentales	878
2. Classification générale des réactions nucléaires	881
3. Principes physiques d'énergétique nucléaire	885

*Chapitre 6. Particules élémentaires*

- |                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 1. Notions fondamentales            | 892 |
| 2. Symétrie des interactions fortes | 901 |
| 3. Particules et champs             | 910 |
| 4. Rayons cosmiques                 | 914 |

## APPENDICES

*Appendice I. Unités de mesure et dimensions des grandeurs physiques dans différents systèmes d'unités*

- |  |     |
|--|-----|
| 1. Unités de mesure des grandeurs mécaniques                   | 919 |
| 2. Unités de mesure des grandeurs calorifiques                 | 924 |
| 3. Unités de mesure des grandeurs électriques et magnétiques   | 925 |
| 4. Unités de mesure du niveau de pression sonore               | 931 |
| 5. Unités de mesure des grandeurs optiques                     | 931 |
| 6. Quelques unités de mesure de physique atomique et nucléaire | 932 |

*Appendice II. Constantes physiques universelles* 933

## INDEX 939