Р. М. КУШНІР

ЗАГАЛЬНА ФІЗИКА

Механіка
Молекулярна фізика

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА..... 11
ВСТУП..... 13
1. Предмет фізики та її зв'язок з іншими науками і технікою.... 13
2. Одиниці фізичних величин та їхні розмірності..... 14
3. Вектори та їхні властивості..... 16

ЧАСТИНА І. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ КЛАСИЧНОЇ МЕХАНІКИ
Розділ 1. КІНЕМАТИКА ТОЧКИ І ТВЕРДОГО ТІЛА..... 21
1.1. Механічний рух..... 21
1.2. Способи опису руху точки..... 22
1.3. Швидкість..... 24
1.4. Прискорення..... 26
1.5. Кінематика твердого тіла..... 29
1.6. Кутова швидкість. Кутове прискорення..... 31
Контрольні запитання..... 33
Приклади розв'язування задач..... 33
Задачі..... 35
Розділ 2. ЗАКОНИ ДИНАМІКИ..... 37
2.1. Закони Ньютона..... 37
2.2. Принцип відносності Ґалілея..... 41
2.3. Система матеріальних точок. Рух центра мас системи.... 43
2.4. Швидкість центра мас системи..... 45
2.5. Рух тіл змінної маси..... 47
2.6. Види сил. Фундаментальні сили..... 48
2.7. Сили у механіці. Ґравітаційні сили.....49
2.8. Інертна і ґравітаційна маси..... 53
2.9. Припливи..... 54
2.10. Космічні швидкості..... 55
2.11. Сили тертя..... 57
2.12. Пружні сили. Види деформацій..... 60
2.13. Деформація розтягу.....61
2.14. Деформація зсуву.....63
Контрольні запитання..... 64
Приклади розв'язування задач..... 64
Задачі..... 66
Розділ 3. НЕІНЕРЦІАЛЬНІ СИСТЕМИ ВІДЛІКУ..... 67
3.1. Сили інерції..... 67
3.2. Сили інерції у поступальному русі системи відліку..... 69

3.3. Відцентрова сила інерції..... 69
3.4. Сила Коріоліса..... 70
3.5. Штучна гравітація.....71
Контрольні запитання..... 72
Приклади розв'язування задач..... 73
Задачі..... 74
Розділ 4. ДИНАМІКА ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ ТВЕРДОГО ТІЛА..... 75
4.1. Момент сили..... 75
4.2. Момент інерції..... 77
4.3. Момент імпульсу..... 78
4.3.1. Момент імпульсу матеріальної точки..... 78
4.3.2. Момент імпульсу твердого тіла відносно нерухомої осі..... 80
4.4. Основний закон динаміки обертального руху.....81
4.4.1. Обертання твердого тіла навколо нерухомої осі.... 81
4.4.2. Обертання твердого тіла навколо нерухомої точки.....83
4.5. Обчислення моменту інерції твердого тіла..... 85
4.6. Теорема Штайнера..... 87
4.7. Вільні осі..... 89
4.8. Поняття про тензор інерції..... 91
Контрольні запитання..... 93
Приклади розв'язування задач..... 94
Задачі..... 95
Розділ 5. ЗАКОНИ ЗБЕРЕЖЕННЯ..... 96
5.1. Закон збереження імпульсу..... 96
5.2. Закон збереження моменту імпульсу..... 98
5.3. Поняття про гіроскоп..... 100
5.4. Енергія, робота, потужність..... 101
5.5. Кінетична енергія поступального руху..... 102
5.6. Кінетична енергія тіла, яке обертається навколо нерухомої осі..... 103
5.7. Консервативні сили..... 104
5.8. Потенціальна енергія..... 105
5.9. Потенціальна енергія у деяких випадках..... 106
5.9.1. Потенціальна енергія у полі тяжіння Землі..... 106
5.9.2. Потенціальна енергія тіла у гравітаційному полі. 107
5.9.3. Потенціальна енергія пружної деформації..... 109

5.10. Зв'язок між потенціальною енергією і консервативною силою 110
5.11. Закон збереження механічної енергії 111
Контрольні запитання 112
Приклади розв'язування задач 113
Задачі 115
Розділ 6. ЗАСТОСУВАННЯ ЗАКОНІВ ЗБЕРЕЖЕННЯ 117
6.1. Зіткнення 117
6.2. Потенціальна крива. Стан рівноваги тіла 120
6.3. Закони збереження у найпростіших хімічних реакціях. 122
6.3.1.Закон збереження імпульсу 122
6.3.2. Система координат центра мас 123
6.3.3. Реакційна здатність молекул 124
6.3.4. Енергія активації 125
Контрольні запитання 126
Приклади розв'язування задач 127
Задачі 128
Розділ 7. МЕХАНІКА РІДИН 130
7.1. Закони гідростатики 130
7.2. Гідродинаміка. Течія рідини 131
7.3. Рівняння нерозривності 133
7.4. Рівняння Бернуллі 133
7.5. Застосування рівняння Бернуллі 136
7.5.1. Горизонтальний потік 136
7.5.2. Вимірювання швидкості потоку 137
7.6. Застосування закону збереження імпульсу до руху рідини 138
7.7. Течія в'язкої рідини по трубі 139
7.7.1. В'язкість рідин 139
7.7.2. Формула Пуазейля 141
7.8. Рух тіл у рідині та газі 143
7.9. Піднімальна сила крила 145
7.10. Уявлення про теорію механічної подібності 146
7.11. Аеродинаміка надзвукових швидкостей 147
Контрольні запитання 148
Приклади розв'язування задач 149
Задачі 150
Розділ 8. КОЛИВАННЯ 152
8.1. Кінематика коливань 152

8.2. Швидкість і прискорення у коливальному русі. Рівняння гармонічного осцилятора..... 154
8.3. Зображення гармонічних коливань у комплексній формі 157
8.4. Динаміка гармонічних коливань. Вільні коливання..... 158
8.5. Фізичний маятник..... 160
8.6. Математичний маятник..... 162
8.7. Енергія гармонічного коливання..... 162
8.8. Додавання коливань. Метод векторних діаграм..... 164
8.9. Биття..... 166
8.10. Додавання взаємно перпендикулярних коливань..... 168
8.11. Фігури Ліссажу..... 171
8.12. Згасальні коливання..... 172
8.13. Вимушені коливання..... 177
8.14. Поняття про коливання зв'язаних систем..... 184
8.15. Коливання молекули..... 187
8.16. Поняття про розклад Фур'є..... 189
Контрольні запитання..... 190
Приклади розв'язування задач..... 190
Задачі..... 193
Розділ 9. ПРУЖНІ ХВИЛІ..... 194
9.1. Характеристика хвилі..... 194
9.2. Рівняння плоскої хвилі..... 195
9.3. Поширення хвиль у пружному середовищі..... 197
9.4. Стоячі хвилі..... 199
9.5. Енергія пружної хвилі. Потік енергії..... 203
9.6. Звукові хвилі..... 205
9.6.1. Об'єктивні характеристики звуку..... 205
9.6.2. Суб'єктивні характеристики звуку..... 207
9.7. Ультразвук. Кавітація. Застосування ультразвуку..... 209
9.8. Інфразвук..... 211
9.9. Ефект Доплера..... 211
Контрольні запитання..... 213
Приклади розв'язування задач..... 213
Задачі..... 214
Розділ 10. ЕЛЕМЕНТИ СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ..... 215
10.1. Постулати спеціальної теорії відносності. Перетворення Лоренца..... 215
10.2. Наслідки з перетворень Лоренца..... 217

10.2.1. Зменшення довжини тіла..... 217
10.2.2. Одночасність подій..... 219
10.2.3. Сповільнення часу..... 220
10.3. Інтервал між подіями..... 221
10.4. Релятивістський закон додавання швидкостей..... 223
10.5. Релятивістський імпульс..... 225
10.6. Релятивістська кінетична енергія..... 226
10.7. Повна енергія тіла і енергія спокою..... 228
Контрольні запитання..... 229
Приклади розв'язування задач..... 229
Задачі..... 231

ЧАСТИНА II. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА

Розділ 11. ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ..... 232
11.1. Молекулярно-кінетичний і термодинамічний методи опису явищ природи..... 232
11.2. Термодинамічні параметри. Стан системи..... 233
11.3. Оцінка мас і розмірів молекул..... 234
11.4. Ідеальний газ..... 235
11.5. Закони ідеального газу..... 237
11.6. Рівняння стану ідеального газу..... 239
Контрольні запитання..... 241
Приклади розв'язування задач..... 241
Задачі..... 241
Розділ 12. КІНЕТИЧНА ТЕОРІЯ ГАЗІВ..... 243
12.1. Основне рівняння кінетичної теорії газів..... 243
12.2. Наслідки з основного рівняння кінетичної теорії газів 246
12.3. Ступені вільності молекул..... 248
12.4. Розподіл енергії за ступенями вільності молекул..... 250
12.5. Функція розподілу молекул за швидкостями (Максвелла)..... 250
12.6. Вплив температури на перебіг хімічної реакції у газовій суміші..... 256
12.7. Дослід Штерна..... 256
12.8. Барометрична формула..... 257
12.9. Розподіл Больцмана..... 259
12.10. Вільний пробіг молекул..... 260
Контрольні запитання..... 262
Приклади розв'язування задач..... 262

Задачі..... 264
Розділ 13. ПРОЦЕСИ ПЕРЕНЕСЕННЯ В ГАЗАХ..... 265
13.1. Дифузія. Внутрішнє тертя. Теплопровідність..... 265
13.2. Теорія процесів перенесення в газах..... 268
13.2.1. Потік молекул через поверхню..... 268
13.2.2. Дифузія..... 269
13.2.3. Внутрішнє тертя (в'язкість)..... 272
13.2.4. Теплопровідність..... 274
13.2.5. Співвідношення між коефіцієнтами явищ перенесення. 276
Контрольні запитання..... 276
Приклади розв'язування задач..... 277
Задачі..... 277
Розділ 14. МЕТОДИ ОТРИМАННЯ І ВИМІРЮВАННЯ ВИСОКОГО ВАКУУМУ..... 279
14.1. Методи отримання високого вакууму..... 279
14.1.1. Насоси попереднього розрідження..... 280
14.1.2. Високовакуумні насоси..... 280
14.2. Вимірювання низьких тисків..... 282
14.2.1. Термоелектричний манометр..... 282
14.2.2. Іонізаційний манометр..... 282
14.2.3. Манометр Мак-Леода..... 283
14.3. Властивості газів за низьких тисків..... 285
14.3.1. Теплопередача..... 285
14.3.2. Ефузія..... 286
Контрольні запитання..... 288
Розділ 15. РЕАЛЬНІ ГАЗИ..... 289
15.1. Потенціальна крива взаємодії молекул..... .289
15.2. Поняття про природу сил взаємодії між молекулами...291
15.3. Рівняння стану реального газу (Ван-дер-Ваальса)..... 292
15.4. Ізотерми Ван-дер-Ваальса..... 294
15.5. Властивості насиченої пари..... 296
15.6. Вологість повітря..... 297
Контрольні запитання..... 298
Приклади розв'язування задач..... 299
Задачі..... 299
Розділ 16. ТЕРМОДИНАМІКА. ПЕРШИЙ ПРИНЦИП ТЕРМОДИНАМІКИ..... 300
16.1. Способи перенесення теплової енергії..... 300
16.2. Оборотні та необоротні процеси..... 301

16.3. Внутрішня енергія..... 303
16.4. Перший принцип термодинаміки..... 304
16.5. Внутрішня енергія ідеального газу..... 305
16.6. Робота в термодинаміці..... 306
16.7. Теплоємність газу..... 307
16.8. Залежність теплоємності газу від температури..... 309
16.9. Адіабатний процес. Рівняння Пуассона..... 310
16.10. Політропний процес..... 313
16.11. Робота ідеального газу в різних процесах..... 314
16.12. Внутрішня енергія реального газу..... 316
16.13. Ефект Джоуля-Томсона (адіабатне розширення реального газу)..... 317
16.14. Зрідження газів..... 321
Контрольні запитання..... 322
Приклади розв'язування задач..... 323
Задачі..... 324
Розділ 17. ДРУГИЙ ПРИНЦИП ТЕРМОДИНАМІКИ..... 325
17.1. Циклічні (колові) процеси. Теплова машина..... 325
17.2. Цикл Карно. Коефіцієнт корисної дії циклу Карно..... 326
17.3. Принцип дії холодильної машини..... 329
17.4. Поняття про роботу двигунів внутрішнього згорання. 331
17.5. Зведена кількість теплоти. Нерівність Клаузіуса..... 332
17.6. Поняття про ентропію..... 333
17.7. Статистичне тлумачення ентропії..... 338
17.8. Формулювання другого принципу термодинаміки..... 339
17.9. Теорема Нернста..... 341
17.10. Термодинамічні потенціали Гельмгольца і Гіббса..... 342
Контрольні запитання..... 345
Приклади розв'язування задач..... 345
Задачі..... 346
Розділ 18. ТВЕРДЕ ТІЛО..... 348
18.1. Кристали..... 348
18.2. Типи кристалічних граток..... 350
18.3. Вплив дефектів кристалічної гратки на механічні властивості кристалів..... 351
18.4. Енергетичний спектр класичного і квантового осциляторів 352
18.5. Теплові коливання атомів у кристалі. Фонони..... 353
18.6. Механізм теплопровідності кристалів..... 355
18.7. Теплоємність твердих тіл..... 357

18.7.1. Формула Дюлонга і Пті..... 357
18.7.2. Поняття про теорію теплоємності твердих тіл Айнштайна і Дебая..... 358
Контрольні запитання..... 360
Приклади розв'язування задач..... 360
Задачі..... 361
Розділ 19. РІДИНИ..... 362
19.1. Структура рідин..... 362
19.2. Поняття про діркову теорію рідини..... 364
19.3. Дифузія в рідинах..... 365
19.4. Поверхневий натяг..... 366
19.5. Змочування..... 369
19.6. Тиск під викривленою поверхнею рідини. Формула Лапласа..... 371
19.7. Капілярні явища..... 372
Контрольні запитання..... 374
Приклади розв'язування задач..... 374
Задачі..... 376
Розділ 20. ЗМІНА АГРЕГАТНОГО СТАНУ РЕЧОВИНИ..... 377
20.1. Фази і фазові переходи..... 377
20.2. Випаровування і конденсація..... 378
20.3. Кипіння..... 379
20.4. Сублімація. Плавлення і кристалізація..... 380
20.5. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса..... 382
20.6. Діаграма стану..... 383
20.7. Аморфні тіла. Полімери..... 385
20.8. Рідкі кристали..... 386
20.9. Розчини..... 388
20.10. Осмотичний тиск..... 391
20.11. Сплави та тверді розчини..... 392
20.12. Поняття про старіння та загартовування матеріалів.. 394
Контрольні запитання..... 396
Приклади розв'язування задач..... 396
Задачі..... 398
Список літератури..... 499
Предметний покажчик..... 400