

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В. Н. КАРАЗІНА

А. В. Попов, Р. В. Бовк

МЕХАНІКА І МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА

Навчальний посібник

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

2-ге видання

Харків – 2016

УДК 53 (076.5)
ББК 22.2+22.36
П 58

Рецензенти:

О. М. Єрмолаєв – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної фізики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна;
О. М. Омелянчук – доктор фізико-математичних наук, член-кореспондент Національної академії наук України, завідувач відділу Фізико-технічного інституту низьких температур імені Б. І. Веркіна.

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів нефізичних спеціальностей
вищих навчальних закладів
(Лист № 1/11-900 від 02.02.2011 р.)*

Попов А. В.

П 58 **Механіка і молекулярна фізика** : навчальний посібник /
А. В. Попов, Р. В. Вовк. – 2-ге вид. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна,
2016. – 172 с.

ISBN 978-966-285-225-7

У навчальному посібнику викладено розділи загального курсу фізики («Фізичні основи механіки», «Коливання і хвилі», «Молекулярна фізика і термодинаміка») відповідно до навчальних програм для нефізичних спеціальностей вищих навчальних закладів. Особлива увага приділена формулюванню основних законів і теорем класичної механіки та термодинаміки і виявленню фізичного змісту величин, що до них входять.

Для студентів нефізичних спеціальностей вищих навчальних закладів і технічних університетів.

Іл. 114, бібл. 21

УДК 53 (076.5)
ББК 22.2+22.36

ISBN 978-966-2033-57-1 (1-ше вид.)
ISBN 978-966-285-225-7 (2-ге вид.)

© Українська державна академія залізничного транспорту, 2011
© Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2016
© Попов А. В., Вовк Р. В., 2016
© Рижова Ю. М., макет обкладинки, 2016

ЗМІСТ

Передмова	7
-----------------	---

Фізичні основи механіки

Розділ 1. Кінематика

§ 1.1.	Рух матеріальної точки.....	9
§ 1.2.	Одновимірний рух.....	10
§ 1.3.	Векторні величини у фізиці.....	13
§ 1.4.	Швидкість і прискорення матеріальної точки при її русі вздовж криволінійної траєкторії.....	15
	Питання для самоперевірки.....	18

Розділ 2. Динаміка

§ 2.1.	Визначення маси, імпульсу і сили.....	19
§ 2.2.	Закони Ньютона. Інерціальні системи відліку.....	20
§ 2.3.	Принцип відносності Галілея.....	21
§ 2.4.	Закон збереження імпульсу.....	23
§ 2.5.	Центр мас системи матеріальних точок. Теорема про рух центра мас	24
	Питання для самоперевірки.....	27

Розділ 3. Робота і енергія

§ 3.1.	Робота постійної сили.....	29
§ 3.2.	Скалярний добуток векторів.....	29
§ 3.3.	Робота змінної сили.....	30
§ 3.4.	Кінетична енергія. Теорема про зв'язок роботи і енергії.....	31
§ 3.5.	Консервативні та неконсервативні сили.....	32
§ 3.6.	Потенціальна енергія. Закон збереження енергії в механіці.	33
§ 3.7.	Зв'язок сили з потенціальною енергією.....	36
§ 3.8.	Потенціальна енергія тіла в однорідному полі тяжіння.....	37
§ 3.9.	Потенціальна енергія пружно деформованих пружин і однорідного стрижня.....	37
§ 3.10.	Умови руху і рівноваги механічних систем.....	39
	Питання для самоперевірки.....	40

Розділ 4. Обертальний рух

§ 4.1.	Обертання матеріальної точки по колу.....	41
§ 4.2.	Векторний добуток векторів.....	44
§ 4.3.	Момент сили і момент імпульсу відносно нерухомого центра.....	45
§ 4.4.	Рівняння моментів.....	46
§ 4.5.	Основне рівняння динаміки обертального руху. Закон збереження моменту імпульсу.....	47
§ 4.6.	Обертання твердого тіла навколо нерухомої осі. Момент інерції.....	48
§ 4.7.	Вільні осі та головні моменти інерції твердих тіл. Теорема Штейнера.....	50
§ 4.8.	Кінетична енергія і робота при обертальному русі твердого тіла.....	52
§ 4.9.	Гіроскопи.....	56
	Питання для самоперевірки.....	58

Розділ 5. Рух рідини

§ 5.1.	Тиск рідини.....	59
§ 5.2.	Рух ідеальної рідини. Рівняння нерозривності.....	60
§ 5.3.	Рівняння Бернуллі.....	61
§ 5.4.	В'язкість рідин і газів.....	64
§ 5.5.	Методи вимірювання в'язкості рідини.....	65
§ 5.6.	Ламінарна і турбулентна течія рідини.....	67
	Питання для самоперевірки.....	68

Коливання і хвилі**Розділ 6. Гармонійні коливання**

§ 6.1.	Амплітуда, фаза, період і частота гармонійних коливань....	70
§ 6.2.	Фізичний маятник.....	73
§ 6.3.	Математичний маятник.....	75
§ 6.4.	Енергія гармонійного осцилятора.....	76
§ 6.5.	Додавання коливань одного напрямку з однаковими періодами.....	77
§ 6.6.	Додавання коливань з близькими частотами. Биття.....	78

§ 6.7.	Додавання взаємно перпендикулярних коливань. Фігури Ліссажу.....	80
§ 6.8.	Затухаючі коливання.....	82
§ 6.9.	Вимушені коливання. Резонанс.....	84
	Питання для самоперевірки.....	88

Розділ 7. Хвилі у пружному середовищі

§ 7.1.	Механізм утворення хвилі у пружному середовищі. Рівняння плоскої і сферичної хвиль.....	90
§ 7.2.	Хвильове рівняння.....	94
§ 7.3.	Швидкість пружної хвилі.....	95
§ 7.4.	Енергія пружної хвилі. Вектор Умова.....	97
§ 7.5.	Стоячі хвилі.....	99
	Питання для самоперевірки.....	102

Молекулярна фізика і термодинаміка

Розділ 8. Молекулярно-кінетична теорія газів

§ 8.1.	Рівняння стану ідеального газу. Температура.....	104
§ 8.2.	Поняття про ймовірність. Основна задача статистичної фізики.....	106
§ 8.3.	Швидкість газових молекул. Дослід Штерна.....	112
§ 8.4.	Розподіл молекул ідеального газу за швидкостями. Середня, середня квадратична і найімовірніша швидкості молекул.....	114
§ 8.5.	Закон рівномірного розподілу енергії за ступенями свободи молекул.....	117
§ 8.6.	Розподіл Больцмана. Барометрична формула.....	118
	Питання для самоперевірки.....	119

Розділ 9. Перший початок термодинаміки

§ 9.1.	Діаграма стану термодинамічної системи. Види процесів...	121
§ 9.2.	Внутрішня енергія ідеального газу і кількість теплоти.....	123
§ 9.3.	Перший початок термодинаміки.....	124
§ 9.4.	Теплоємність газів.....	125
§ 9.5.	Ізобарний процес. Рівняння Майера.....	127

§ 9.6.	Робота при ізотермічному розширенні ідеального газу.....	128
§ 9.7.	Адіабатний процес. Рівняння Пуассона.....	129
	Питання для самоперевірки.....	131

Розділ 10. Процеси переносу в газах

§ 10.1.	Частота зіткнень і довжина вільного пробігу молекул ідеального газу.....	133
§ 10.2.	Дифузія в газах.....	135
§ 10.3.	Теплопровідність газів.....	137
§ 10.4.	В'язкість газів.....	140
	Питання для самоперевірки.....	142

Розділ 11. Другий початок термодинаміки

§ 11.1.	Оборотні, необоротні і кругові процеси.....	144
§ 11.2.	Принцип роботи теплової машини.....	146
§ 11.3.	Цикл Карно.....	147
§ 11.4.	Ентропія.....	151
§ 11.5.	Властивості ентропії.....	153
§ 11.6.	Ентропія і ймовірність.....	155
§ 11.7.	Другий початок термодинаміки.....	156
	Питання для самоперевірки.....	157

Розділ 12. Реальні гази, рідини і тверді тіла

§ 12.1.	Рівняння Ван-дер-Ваальса.....	159
§ 12.2.	Ізотерми реального газу. Критичний стан речовини.....	161
§ 12.3.	Рідкий стан речовини.....	163
§ 12.4.	Кристалічні й аморфні тверді тіла.....	165
§ 12.5.	Теплоємність твердих тіл.....	167
	Питання для самоперевірки.....	168
	Список літератури.....	169
	Предметний покажчик.....	171