

ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України

Електронні видання

A.S. KOVALEV

***NONLINEAR
PHENOMENA IN
CONDENSED
MATTER PHYSICS***



ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР
ім. Б.І. ВЕРКІНА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

A. S. KOVALEV

**NONLINEAR PHENOMENA
IN CONDENSED MATTER PHYSICS**

Lectures for grauate and undergraduate students

Харків
ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України
2024

УДК 538.9
К 56

Kovalev A.S. **Nonlinear phenomena in condensed matter physics.** Lectures for graduate and undergraduate students. — Харків: ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України, 2024. — 118 с.

ISBN 978-617-95455-6-6

Ця серія лекцій для студентів старших курсів та аспірантів в галузі теоретичної фізики присвячена нелінійним проблемам структури та динаміки конденсованої речовини. В першу чергу, увагу сфокусовано на твердих тілах (пружних та магніто-впорядкованих середовищах, кристалічній решітці), та частина матеріалу присвячена гідродинаміці, надплинності та надпровідності, нелінійній оптиці.

Рецензент:

М.М. Богдан, д. ф.-м. н., ст. наук. співр., ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України

Рекомендовано до друку Вченою радою

Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б.І. Веркіна Національної академії наук України

(протокол № 4 від 10.07.2024 р.)

Видавництво ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України

ISBN 978-617-95455-6-6

© A.S. Kovalev, 2024

© О.М. Калиненко, Р.М. Баснукаєва,

художнє оформлення, 2024

© ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України, 2024

CONTENTS

Introduction	5
1. Nonlinear phenomena in mechanics and physics. Description methods.	8
Non-linear oscillator and “non-linear rotator”	8
Research methods for nonlinear oscillations	10
Nonlinear systems with two degrees of freedom	17
Regular and stochastic dynamics	24
Dynamics of anharmonic oscillators chain	27
2. Models for nonlinear physical systems	29
From discrete systems to systems with distributed parameters. Anharmonic chains	29
Strong dispersing media	29
Weakly dispersing systems	36
Physical applications of important equations of nonlinear physics	41
3. Linear and nonlinear waves in condensed media	59
Evolution of wave packets	59
Periodic nonlinear waves with a stationary profile	64
Dynamic one-parameter solitons. Solitons on the surface of a liquid	69
Dynamic two-parameter solitons	74
Dark solitons of nonzero vacuum	79
Solitons pairs as a bion	80
Multidimensional solitons	83
4. Topological excitations and structures in condensed media	87
One-Dimensional Topological Solitons. Domain and interphase boundaries	87
Kinks pairs and two-parameter envelope solitons	92
Topological excitations in two-dimensional systems. Dislocations	97
Topological excitations in two-dimensional systems. Vortices and skyrmions	102
Conclusion	117
References	118