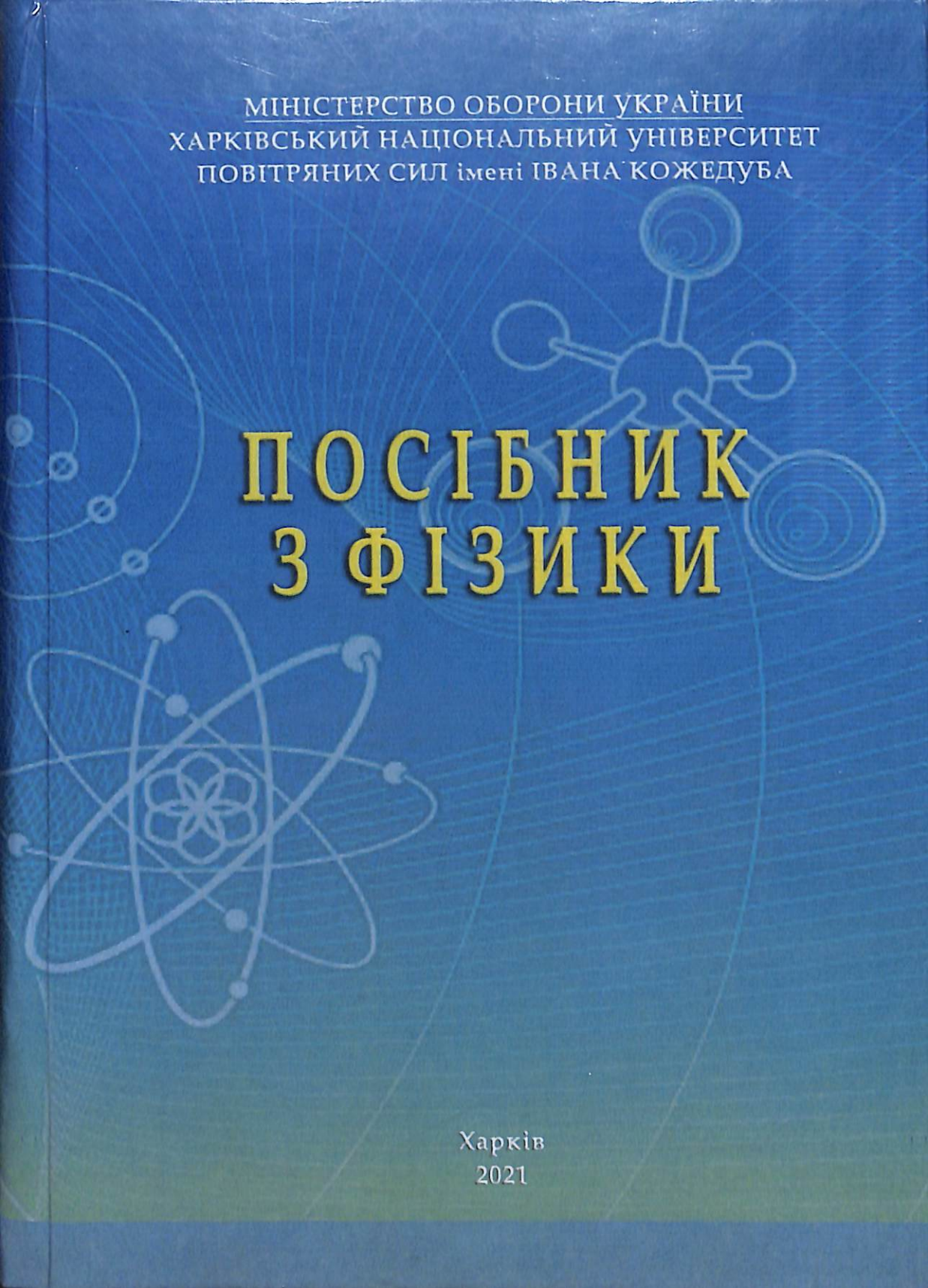


МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПОВІТРЯНИХ СИЛ імені ІВАНА КОЖЕДУБА



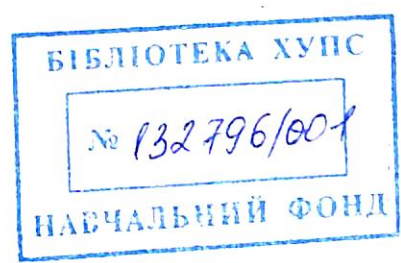
ПОСІБНИК З ФІЗИКИ

Харків
2021

53
761

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПОВІТРЯНИХ СИЛ імені ІВАНА КОЖЕДУБА

ПОСІБНИК З ФІЗИКИ



Харків
2021

УДК 53(075.8)

П61

Затверджено до видання вченою радою
Харківського національного університету
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(протокол № 15 від 06.11.2018)

Автори: С. Є. Кальний, О. О. Копилов, Г. О. Моїсєєва, Ю. І. Полонський

Рецензенти: В. Д. Карлов, докт. техн. наук, професор (ХНУПС);
О. К. Фурсенко, канд. фіз.-мат. наук, доцент (ХНУПС).

**Посібник з фізики / С. Є. Кальний, О. О. Копилов, Г. О. Моїсєєва,
П61 Ю. І. Полонський. – Х. : ХНУПС, 2021. – 196 с.**

Містить систематизований виклад теоретичного матеріалу загального курсу фізики за розділами “Механіка”, “Термодинаміка та статистична фізика”, “Електрика та магнетизм”, “Коливання. Основні властивості хвиль”, “Хвильові явища”, необхідна довідкова інформація наведена у додатку.

Призначений для курсантів усіх спеціальностей Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

УДК 53(075.8)

© Кальний С. Є., Копилов О. О., Моїсєєва Г. О.,
Полонський Ю. І., 2021

© Харківський національний університет
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2021

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Розділ 1. МЕХАНІКА.....	7
1.1. Кінематика матеріальної точки.....	8
1.2. Динаміка матеріальної точки.....	12
1.3. Імпульс. Закон збереження імпульсу.....	15
1.4. Момент імпульсу.....	17
1.5. Робота та енергія.....	20
1.6. Динаміка твердого тіла.....	23
Розділ 2. ТЕРМОДИНАМІКА ТА СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА.....	28
2.1. Макроскопічні системи. рівняння термодинамічного стану.....	29
2.2. Перший закон термодинаміки. Теплоємність.....	31
2.3. Термодинамічні процеси.....	34
2.4. Другий закон термодинаміки. Теплові машини.....	37
2.5. Розподіл Максвелла та розподіл Больцмана.....	39
2.6. Явища переносу.....	41
Розділ 3. ЕЛЕКТРИКА ТА МАГНЕТИЗМ.....	46
3.1. Електрична взаємодія, закон кулона, напруженість електричного поля.....	47
3.2. Потенціал електростатичного поля.....	52
3.3. Провідники в електростатичному полі. Електрична ємність. Енергія електричного поля.....	54
3.4. Діелектрики в електричному полі. Умови на межі діелектриків для векторів $\vec{D}$ та $\vec{E}$	58
3.5. Електричний струм.....	61
3.6. Магнітне поле. Його дія на заряди та струми.....	65
3.7. Магнітне поле в речовині, вектори магнітного поля. Умови на межі середовищ для векторів $\vec{B}$ та $\vec{H}$	69
3.8. Магнітне поле електричних струмів.....	70
3.9. Явище електромагнітної індукції.....	72
3.10. Енергія магнітного поля, рівняння Максвелла.....	75
Розділ 4. КОЛИВАННЯ, ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ХВИЛЬ.....	80
4.1. Коливальний рух, гармонічні коливання та їх параметри. Додавання коливань.....	81
4.2. Згасаючі коливання. Декремент згасання.....	98
4.3. Вимушені коливання. Резонанс.....	105
4.4. Хвилі. Механічні (пружинні) хвилі. Звук.....	111
4.5. Властивості електромагнітних хвиль.....	119
Розділ 5. ХВИЛЬОВІ ЯВИЩА.....	129
5.1. Інтерференція хвиль.....	130
5.2. Дифракція хвиль.....	147
5.3. Поларизація хвиль.....	171
ЛІТЕРАТУРА.....	193
ДОДАТОК.....	194

ВСТУП

У системі підготовки фахівців з вищою освітою у Харківському національному університеті Повітряних Сил імені Івана Кожедуба навчальна дисципліна "Фізика" належить до числа фундаментальних і є однією з базових. Вона забезпечує успішне вивчення курсантами (студентами) загальноінженерних та спеціальних дисциплін і набуття відповідних загальних та професійних компетентностей.

Фізика (physics) походить від давньогрецького φύσις, що англійською перекладається як *physis* – природа. Тобто фізика – це наука про природу. На ранньому етапі розвитку вона входила до складу філософії, де разом розглядалися матерія, дух та пізнання.

Фізика – наука про найпростіші й найбільш загальні властивості та форми руху матерії. Розрізняють два види матерії – у вигляді речовини й у вигляді поля. Основною властивістю матерії є стан її безперервного руху, під яким розуміють будь-яку зміну в стані системи.

Основним методом дослідження у фізиці є експеримент. Початком фізичних досліджень завжди було спостереження та узагальнення, від яких дослідники переходили до виявлення закономірностей і висунення гіпотез. Саме експериментальна перевірка гіпотез підтверджувала або спростовувала фізичні теорії та приводила до встановлення фізичних законів.

Фізичне розуміння процесів, що відбуваються у природі, постійно розвивається. Більшість нових відкриттів незабаром отримують застосування в техніці й промисловості.

Усе те, чим відрізняється сучасне суспільство від суспільства минулих століть, з'явилося у результаті застосування на практиці фізичних відкриттів.

Фізика є основою всіх технічних наук і без знання законів фізики неможливо засвоїти сучасну складну військову техніку, яка на сьогодні здебільшого має ознаки програмно-технічних комплексів. У сучасних літаках, вертольотах, ракетних комплексах, радіолокаційних та радіотехнічних системах, автоматизованих системах управління одночасно використовується велика кількість фізичних процесів і сучасних інформаційних технологій. Треба зазначити, що інформаційні технології також ґрунтуються на певних фізичних процесах.

Вивчення курсантами (студентами) фізики як точної науки базується на математиці. Слід зазначити, що історично фізика та математика розвивалися одночасно і тісно пов'язані між собою. Математика – це своєрідна мова фізики, а фізика дозволяє краще зрозуміти математичні поняття (наприклад похідна, інтеграл тощо). Математичний апарат фізики широко використовує векторну алгебру, диференціальне та інтегральне числення.

Приступаючи до вивчення фізики курсантам (студентам), насамперед, необхідно самостійно опрацювати й законспектувати основи роботи з векторами, а саме: визначення вектора; додавання і віднімання векторів; множення вектора на скаляр; проєкцію вектора на вісь та визначення вектора

через проєкції на осі координат; скалярний добуток векторів. Особливу увагу треба звернути на векторний добуток векторів.

Вивчення фізики значною мірою спирається на самостійну роботу курсантів (студентів). Для цього, насамперед, необхідно використовувати різноманітні інформаційні джерела. Це можуть бути загальні підручники для вищих технічних навчальних закладів, а також посібники, які рекомендовані викладачем і найбільше відповідають курсу, що вивчається.

Доцільно також використовувати можливості *MOODLE* – системи дистанційного доступу до інтерактивного інформаційно-освітнього ресурсу ХНУПС. Додаткову інформацію також можна самостійно знайти в мережі *Internet*.

Цей посібник допоможе опрацювати навчальний матеріал, що викладається на лекціях. Він також корисний для роботи під час розв'язання задач як на практичних заняттях, так і самостійно. Працюючи з ним, доцільно виконувати такі рекомендації. Спочатку треба переглянути відповідний розділ й визначити його зміст у загальних рисах, а потім переходити до детального вивчення. Необхідно навчитись концентрувати увагу на основних положеннях, визначеннях фізичних величин, формулюванні основних фізичних законів тощо. Особливу увагу слід звертати на розуміння суті процесу або явища і вміти пояснити його своїми словами. Треба вміти аналізувати формули та графіки, що описують фізичні процеси, розуміти, які фізичні величини на них впливають і які наслідки вони мають.

Посібник містить інформацію з таких розділів фізики, що є класичними: механіка; термодинаміка та статистична фізика; електрика і магнетизм; коливання, основні властивості хвиль; хвильові явища (включаючи оптику). Кожний розділ включає в себе: визначення необхідних фізичних величин; формулювання фізичних законів, які встановлюють зв'язок між певними величинами; формули і графіки, що описують ці закони, а також схеми й рисунки, які наочно доповнюють матеріал.

У розділі *“Механіка”* подані основні фізичні поняття, пов'язані з механічним поступальним та обертовим рухом, а саме: імпульс, момент імпульсу, сила, механічна робота й енергія, які широко використовуються в подальших розділах фізики. Слід зазначити, що без використання цих основних понять неможлива розробка будь-якого зразка озброєння та військової техніки (у тому числі стрілецької зброї, артилерійського й ракетного озброєння).

У розділі *“Термодинаміка та статистична фізика”* описуються основні процеси в системах, які складаються з великої кількості молекул, даються визначення понять *“температура”* і *“теплова енергія”*, розглядаються можливості перетворення її на механічну роботу в теплових двигунах (у тому числі двигунах, що використовуються у військовій техніці), можливості енергозбереження й теплового маскування на основі процесів теплопереносу.

У розділі *“Електрика та магнетизм”* розглядаються окремі електричні й магнітні явища, енергія електричного та магнітного полів, а також

взаємозв'язок електричних і магнітних явищ, у тому числі явище електромагнітної індукції. Закінчується розділ ознайомленням із системою рівнянь Максвелла, що здатні описати будь-які електричні та магнітні явища. Звертається увага на те, що саме з цих рівнянь випливає можливість існування електромагнітних хвиль.

Розділи *“Коливання. Основні властивості хвиль”* і *“Хвильові явища”* є найбільшими в посібнику, тому що коливально-хвильові закономірності є основою радіотехніки, без якої неможливо уявити собі сучасне озброєння та військову техніку. Знання, яких ми набуваємо під час вивчення коливань і хвиль однієї фізичної природи, використовуються при дослідженні явищ зовсім іншої природи. Так, вивчаючи поведінку світлових хвиль, ми починаємо глибше розуміти, як поведуться “хвилі ймовірності”, якими оперує квантова фізика. Єдиний підхід до вивчення коливань та хвиль різної фізичної природи, оснований на спільності рівнянь, що описують коливально-хвильові закономірності, дозволяє виявити глибокі зв'язки між різними на перший погляд явищами.

Хвильові явища, які розглядаються в посібнику, дуже широко застосовуються в техніці і, насамперед, – у найновіших зразках озброєння та військової техніки. Так, наприклад, найсучасніший засіб маскування військової техніки і важливих об'єктів господарства базується на явищі інтерференції хвиль – технологіях стелс (stealth). Під стелс-технологіями мають на увазі комплекс технічних рішень, у результаті застосування яких зменшується рівень сигналів, що надходять від військового об'єкта на приймальні системи, які визначають розташування об'єкта з метою його знищення. Ці сигнали переносяться акустичними і електромагнітними хвилями в широкому спектрі частот. Технології стелс наразі застосовуються для захисту літаків, суден, навіть танків.

У результаті успішного вивчення розділів фізики, викладених у цьому виданні, курсанти (студенти) здобудуть базові знання основних фізичних явищ, необхідних для розуміння принципів побудови різноманітних зразків озброєння та військової техніки (у тому числі радіоелектронних та оптико-електронних систем). Це буде сприяти засвоєнню курсантами (студентами) зразків будь-якої сучасної військової техніки, а також новітніх її зразків, що розробляються.