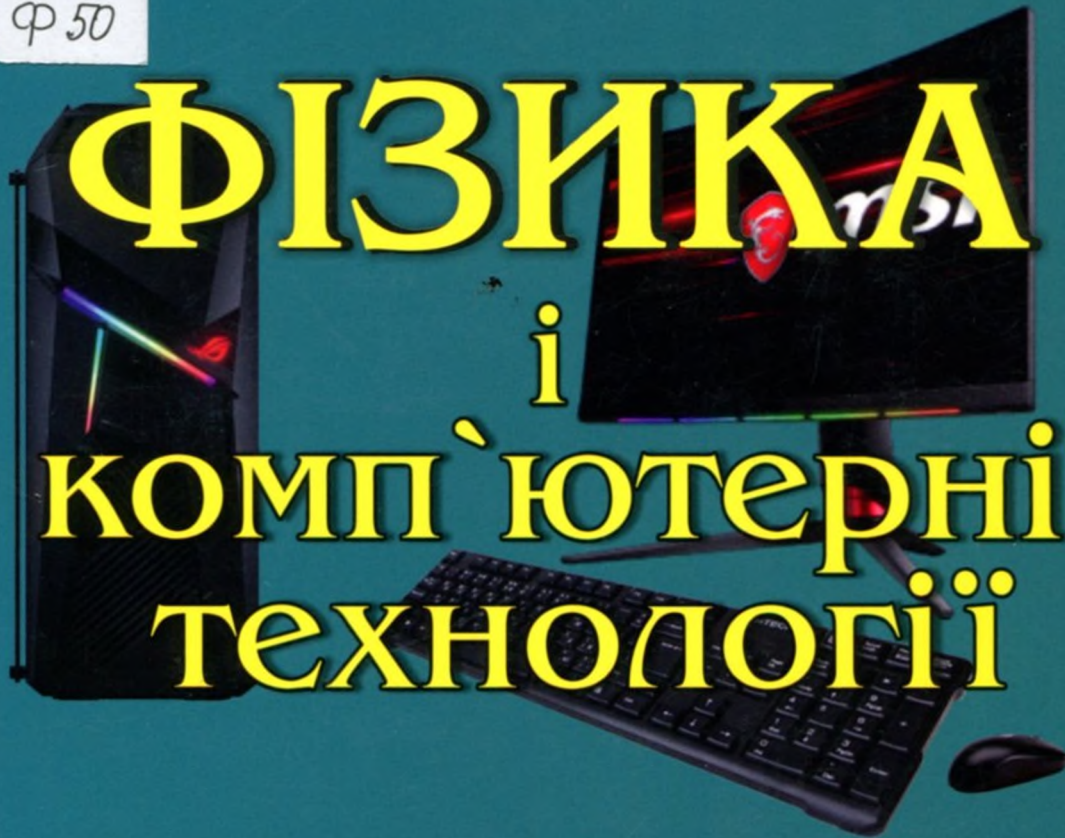


І. Р. ЗАЧЕК, І. Є. ЛОПАТИНСЬКИЙ,
С. О. ЮР'ЄВ, О. В. РИБАК, С. П. ДУБЕЛЬТ



53
Ф 50



$$j = j_H \left[\exp \left(\pm \frac{eU_{np}}{36kT} \right) - 1 \right]$$

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

І. Р. ЗАЧЕК, І. Є. ЛОПАТИНСЬКИЙ,
С. О. ЮР'ЄВ, О. В. РИБАК, С. П. ДУБЕЛЬТ

ФІЗИКА

i

КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Навчальний посібник

Львів
Видавництво Львівської політехніки
2019

УДК 53(075.8)

3-39

Рецензенти:

Стадник В. Й., завідувач кафедри загальної фізики Львівського національного університету імені Івана Франка, доктор фіз.-мат. наук, професор;

Вірт І. С., професор кафедри технологічної та професійної освіти Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, доктор фіз.-мат. наук, професор;

Яцишин С. П., професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій Національного університету “Львівська політехніка”, доктор технічних наук, професор

*Рекомендувала Науково-методична рада
Національного університету “Львівська політехніка ”
як навчальний посібник для студентів
Інституту комп'ютерних технологій, автоматики та метрології
(протокол № 34 від 15.03.2018 р.)*

Посібник написано відповідно до програми з фізики для студентів вищих технічних навчальних закладів. Він складається з десяти розділів, в яких викладені фізичні основи механіки, молекулярної фізики і термодинаміки, електростатики, постійного струму, електромагнетизму, оптики, квантової природи випромінювання, фізики атомів і молекул, фізики атомного ядра, елементи фізики твердотільних електронних приладів.

Для студентів вищих навчальних закладів.

© Зачек І. Р., Лопатинський І. С., Юр'єв С. О.,
Рибак О. В., Дубельт С. П., 2019

© Національний університет
“Львівська політехніка”, 2019

ISBN 978-966-941-305-5

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	7	вимушених коливань і його розв'язання.	
1. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ МЕХАНІКИ	9	Резонанс.....	41
§ 1.1. Швидкість і прискорення.....	9	§ 1.19. Утворення хвиль у пружному середовищі. Поздовжні і поперечні хвилі.	
§ 1.2. Кутова швидкість і кутове прискорення.....	13	Рівняння біжучої хвилі.....	43
§ 1.3. Закони динаміки поступального руху матеріальної точки.....	16	§ 1.20. Фазова і групова швидкості пружних хвиль.....	46
§ 1.4. Закон збереження імпульсу механічної системи.....	18	§ 1.21. Енергія пружних хвиль.....	47
§ 1.5. Види деформації твердих тіл.....	19	§ 1.22. Інтерференція пружних хвиль.....	49
§ 1.6. Робота сили та її вираз через криволінійний інтеграл.....	24	§ 1.23. Стоячі хвилі.....	50
§ 1.7. Потужність.....	25	§ 1.24. Основні характеристики звуку	51
§ 1.8. Кінетична енергія механічної системи.....	26	§ 1.25. Ультразвук і його застосування...	54
§ 1.9. Потенціальна енергія механічної системи.....	27	§ 1.26. Рівняння нерозривності струмину.....	57
§ 1.10. Закон збереження механічної енергії. Закон збереження і перетворення енергії.....	28	§ 1.27. Рівняння Бернуллі.....	58
§ 1.11. Момент сили і момент імпульсу механічної системи. Момент інерції тіла відносно осі.....	29	2. ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ І ТЕРМОДИНАМІКИ	62
§ 1.12. Основне рівняння динаміки обертального руху твердого тіла відносно нерухомої осі. Кінетична енергія тіла, що обертається.....	32	§ 2.1. Статистичний і термодинамічний методи дослідження. Термодинамічні параметри. Рівноважний стан і процеси.	62
§ 1.13. Закон збереження моменту імпульсу.....	33	§ 2.2. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу для тиску.....	64
§ 1.14. Гармонічні коливання. Диференціальне рівняння гармонічних коливань...	34	§ 2.3. Середня кінетична енергія поступального руху молекул. Молекулярно-кінетичне трактування абсолютної температури.....	61
§ 1.15. Додавання гармонічних коливань однакового напрямку і однакової частоти. Биття.....	37	§ 2.4. Розподіл Максвелла молекул ідеального газу за швидкостями теплового руху.....	66
§ 1.16. Додавання взаємно перпендикулярних коливань.....	39	§ 2.5. Барометрична формула. Розподіл Больцмана частинок у зовнішньому потенціальному полі.....	65
§ 1.17. Диференціальне рівняння згасаючих коливань і його розв'язання.....	40	§ 2.6. Закон рівномірного розподілу енергії за ступенями вільності молекул.....	69
§ 1.18. Диференціальне рівняння		§ 2.7. Внутрішня енергія.....	71

Зміст

§ 2.9. Перший закон термодинаміки.....	73	електричного поля. Напруженість як	
§ 2.10. Теплоємність ідеального газу.....	74	градієнт потенціалу.....	117
§ 2.11. Ентропія.....	76	§ 3.3. Потік вектора напруженості.	
§ 2.12. Ентропія і термодинамічна		Теорема Остроградського-Г аусса для	
ймовірність.....	77	електростатичного поля у вакуумі.....	120
§ 2.12. Застосування першого закону		§ 3.4. Застосування теореми Остро-	
термодинаміки до ізопроцесів.....	78	градського-Г аусса до розрахунку	
§ 2.14. Адіабатний процес.....	80	електричних полів.....	121
§ 2.15. Середнє число зіткнень і середня		§ 3.5. Типи діелектриків. Поляризація	
довжина вільного пробігу молекул.....	82	діелектриків. Електричне поле в	
§ 2.16. Явища перенесення в газах.....	83	діелектрику.....	125
§ 2.17. Коловий процес. Теплові двигуни		§ 3.6. Сегнетоелектрики.....	130
і холодильні машини.....	86	§ 3.7. П'єзоелектрики.....	132
§ 2.18. Цикл Карно і його коефіцієнт		§ 3.8. Провідники в електричному	
корисної дії для ідеального газу.....	88	полі.....	135
§ 2.19. Властивості оборотних і необо-		§ 3.9. Електроємність відокремленого	
ротних циклів.....	89	провідника. Конденсатори.....	136
§ 2.20. Другий і третій закони термо-		§ 3.10. Паралельне з'єднання	
динаміки.....	91	конденсаторів.....	139
§ 2.21. Реальні гази. Рівняння Ван-дер-		§ 3.11. Послідовне з'єднання	
Ваальса.....	93	конденсаторів.....	140
§ 2.22. Порівняння ізотерм Ван-дер-		§ 3.12. Енергія зарядженого відокремле-	
Ваальса з експериментальними.		ного провідника, конденсатора. Енергія	
Критичний стан.....	95	електростатичного поля.....	141
§ 2.23. Загальна характеристика			
твердих тіл.....	97	4. ПОСТІЙНИЙ ЕЛЕКТРИЧНИЙ	
§ 2.24. Дифузія у твердих тілах.....	99	СТРУМ	143
§ 2.25. Теплопровідність твердих тіл.....	100	§ 4.1. Сила і густина струму.....	143
§ 2.26. Конвекція.....	102	§ 4.2. Електрорушійна сила і напруга.....	144
§ 2.27. Теплоємність твердих тіл.....	103	§ 4.3. Закони постійного струму.....	145
§ 2.28. Теплове розширення		§ 4.4. Явище тензоефекту.....	148
твердих тіл.....	106	§ 4.5. Робота і потужність електричного	
§ 2.29. Сплави.....	108	струму. Закон Джоуля - Ленца.....	149
§ 2.30. Рідкі кристали.....	110	§ 4.6. Правила Кірхгофа для розгалу	
3. ЕЛЕКТРОСТАТИКА	113	жених електричних кіл.....	151
§ 3.1. Взаємодія зарядів. Електричне поле		§ 4.7. Класична електронна теорія	
Напруженість електричного поля.....	113	провідності металів і її дослідне	
§ 3.2. Робота при переміщенні заряду		обґрунтування.....	152
в електростатичному полі. Потенціал		§ 4.8. Робота виходу електронів	
		з металу. Термоелектронна емісія.....	154

§ 4.9. Контактні явища.		§ 5.19. Рівняння Максвелла	
Явище Зеєбека.....	155	для електромагнітного поля.....	205
§ 4.10. Явище Пельтьє.		§ 5.20. Електричний коливальний контур.	
Явище Томпсона.....	158	Власні електромагнітні коливання.....	206
§ 4.11. Струм у газах.....	160	§ 5.21. Основні властивості	
§ 4.12. Види самостійного розряду.....	165	електромагнітних хвиль.....	208
5. ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ.....	167	§ 5.22. Енергія електромагнітних хвиль	
§ 5.1. Магнітне поле. Магнітна індукція		Потік енергії. Вектор Умова-Пойнтинга..	212
Закон Біо-Савара-Лапласа.....	167	§ 5.23. Змінний електричний струм.....	213
§ 5.2. Закон повного струму для магніт		§ 5.24. Магнітні кола. Розрахунок	
ного поля у вакуумі.....	170	магнітного кола.....	217
§ 5.3. Магнітний потік. Теорема Остро-		§ 5.25. Електромагніти та їх	
градського-Гаусса для магнітного		застосування.....	220
поля.....	172	§ 5.26. Трансформатор.....	221
§ 5.4. Закон Ампера. Робота при перемі-		6. ХВИЛЬОВА ОПТИКА.....	224
щенні провідника зі струмом		§ 6.1. Основні поняття фотометрії.....	224
у магнітному полі.....	173	§ 6.2. Явище повного внутрішнього	
§ 5.5. Контур зі струмом у магнітному		відбивання.....	226
полі.....	175	§ 6.3. Інтерференція світла	227
§ 5.6. Сила Лоренца.....	176	§ 6.4. Просвітлення оптики.....	230
§ 5.7. Ефект Холла.....	178	§ 6.5. Інтерферометр Майкельсона.....	231
§ 5.8. Магнітне поле в речовині.....	179	§ 6.6. Дифракція світла.....	232
§ 5.9. Діа- і парамагнетики.....	182	§ 6.7. Поняття про голографію.....	237
§ 5.10. Феромагнетики.....	183	§ 6.8. Дифракція рентгенівського	
§ 5.11. Явище гігантського магнітоопору		випромінювання.....	240
та його застосування у спінтронних		§ 6.9. Дисперсія світла. Области	
приладах.....	186	нормальної і аномальної дисперсії.....	241
§ 5.12. Магнітопружний ефект.....	189	§ 6.10. Поглинання світла.....	242
§ 5.13. Магнітокалоричний ефект.....	191	§ 6.11. Природне і поляризоване світло	244
§ 5.14. Явище електромагнітної індукції		§ 6.12. Подвійне променезаломлення..	247
Закон електромагнітної індукції.		§ 6.13. Обертання площини поляризації	250
Правило Ленца.....	192	§ 6.14. Електрооптичний ефект.....	252
§ 5.15. Явище самоіндукції.		§ 6.15. Штучна оптична анізотропія	254
Індуктивність.....	195	7. КВАНТОВА ПРИРОДА	
§ 5.16. Явище взаємної індукції.		ВИПРОМІНЮВАННЯ.....	257
Взаємна індуктивність.....	198	§ 7.1. Теплове випромінювання. Закон	
§ 5.17. Енергія магнітного поля.....	200	Кірхгофа.....	257
§ 5.18. Основи теорії Максвелла		§ 7.2. Закон Стефана-Больцмана. Закон	
для електромагнітного поля. Струм		Віна. Формула Релея-Джінса.....	260
зміщення.....	201		

§ 7.3. Квантова гіпотеза і формула Планка.....	263	§ 9.5. Закономірності радіоактивного випромінювання атомних ядер.....	305
§ 7.4. Зовнішній фотоелектр. і його закони. Рівняння Ейнштейна для зовнішнього фотоелектр.....	265	§ 9.6. Ядерні реакції.....	309
8. ФІЗИКА АТОМІВ І МОЛЕКУЛ.....	269	§ 9.7. Реакція ядерного поділу. Ланцюгова реакція поділу. Ядерний реактор	313
§8.1. Атом водню і його спектр за теорією Бора.....	269	§ 9.8. Ядерний магнітний резонанс.....	317
§ 8.2. Основні ідеї квантової механіки.....	272	10. ЕЛЕМЕНТИ ФІЗИКИ ТВЕРДО- ТІЛЬНИХ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ.....	319
§ 8.3. Атом водню у квантовій механіці.....	278	§ 10.1. Енергетичні зони в кристалах. Метали, діелектрики і напівпровідники.....	319
§ 8.4. Спін електрона. Принцип Паулі. Розподіл електронів в атомі за станами.....	280	§ 10.2. Власна провідність напівпровідників.....	322
§ 8.5. Поняття про енергетичні рівні молекул. Спектри молекул.....	282	§ 10.3. Домішкова провідність напівпро- відників.....	324
§ 8.6.1 Іоглинання, спонтанне і вимушене випромінювання.....	286	§ 10.4. Магніторезистивний ефект.....	327
§ 8.7. Оптичні квантові генератори.....	289	§ 10.5. Р-п перехід і напівпровід- никовий діод.....	328
§ 8.8. Комбінаційне розсіювання світла.....	293	§ 10.6. Контакт метал-напівпровідник..	333
9. ФІЗИКА АТОМНОГО ЯДРА.....	297	§ 10.7. Фотоелектричні приймачі випромінювання.....	335
§ 9.1. Розмір, склад і заряд ядра. Масове і зарядове числа.....	297	§ 10.8. Магнітодіод.....	339
§ 9.2. Дефект маси і енергія зв'язку ядра.....	299	§ 10.9. Спрямовувач струму.....	340
§ 9.3. Взаємодія нуклонів і поняття про властивості та природу ядерних сил.....	301	§ 10.10. Напівпровідниковий транзистор.....	342
§ 9.4. Радіоактивність. Основний закон радіоактивного перетворення атомних ядер.....	303	§ 10.11. Фототранзистор.....	344
		§ 10.12. Польові МДН-транзистори.....	345
		§ 10.13. Мемристор.....	349
		§ 10.14. Графен.....	351
		§ 10.15. Люмінесценція твердих тіл.....	353
		Список літератури.....	355