



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
"ОСТРОЗЬКА АКАДЕМІЯ"

**Новоселецький М. Ю., Нечипорук Б. Д.,  
Новоселецький О. М., Стрельчук В. В.**

# **ОСНОВИ ФІЗИКИ**

Острог  
Видавництво Національного університету «Острозька академія»  
2021

*Рекомендовано до друку вченою радою  
Національного університету «Острозька академія»  
(протокол № 10 від 24 березня 2021 року)*

**Рецензенти:**

**КУЛІШ Микола Полікарпович**, член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри фізики функціональних матеріалів Київського національного університету імені Тараса Шевченка (КНУ);

**ВЕНГЕР Євген Федорович**, член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач відділу напівпровідникових гетероструктур Інституту фізики напівпровідників НАН України;

**ВЛАСЮК Анатолій Павлович**, академік академії наук вищої школи України, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри економіко-математичного моделювання та інформаційних технологій Національного університету «Острозька академія».

**Автори:**

**НЕЧИПОРУК Богдан Дмитрович**, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри фізики, астрономії та методики викладання Рівненського державного гуманітарного університету;

**НОВОСЕЛЕЦЬКИЙ Микола Юхимович**, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри економіко-математичного моделювання та інформаційних технологій Національного університету «Острозька академія».

**НОВОСЕЛЕЦЬКИЙ Олександр Миколайович**, кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри економіко-математичного моделювання та інформаційних технологій Національного університету «Острозька академія».

**СТРЕЛЬЧУК Віктор Васильович**, доктор фізико-математичних наук, професор, Завідувач лабораторії оптичної субмікронної спектроскопії Інституту фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова.

**Новоселецький М. Ю., Нечипорук Б. Д., Новоселецький О. М., Стрельчук В. В.**

0-73 Основи фізики : підручник для студентів спеціальності «Комп'ютерні науки». Острого : Видавництво Національного університету «Острозька академія», 2021. 286 с.

**ISBN 978-617-8041-07-6**

**DOI 10.25264/978-617-8041-07-6**

Підвищена активність у сфері створення кіберфізичних систем спрямована на пошук нових напрямів розвитку інформаційно-обчислювальних технологій, що сприятиме об'єднанню та інтегруванню різних за призначенням підсистем в єдину децентралізовану гнучку систему. Ця проблематика набуває актуальності з огляду на значне збільшення можливостей щодо практичної реалізації вимірювальних, обчислювальних та комунікаційних компонентів таких систем на основі сучасних технологічних досягнень у виготовленні інтегральних схем та засобів бездротового зв'язку. Передбачаються проекти взаємодії кібернетичних засобів (вимірювально-обчислювальних, комунікаційних, керуючих, вимірних) з фізичними процесами навколишнього світу. Розв'язання відповідних проблем потребує висококваліфікованих фахівців, які розуміються на сутності фізичних явищ та процесів. Цьому сприятиме пропонований навчальний посібник, в якому викладені базові положення фізичної науки з акцентуванням уваги на питаннях електромагнетизму та мікроелектроніки. Це дозволить майбутнім спеціалістам орієнтуватися в особливостях взаємодії фізичних процесів навколишнього світу з кібернетичними засобами (швидкість перебігу фізичних процесів порівняно з обчислювальними та комунікаційними можливостями кібернетичних засобів), питаннях фізичних процесів (лінійних, нелінійних, синергетичних), наявних можливостях визначити стан фізичного процесу (повнота інформації, точність) та можливого впливу на нього тощо. Наведений додатковий матеріал в розділах підкреслює єдність неживої і живої природи та прояву фізичних закономірностей в ній.

Кожний розділ містить вимоги до знань та вмінь та питання для поточного комп'ютерного тестування.

**УДК 53(075.8)  
ББК 22.2**

**ISBN 978-617-8041-07-6**

© Новоселецький М. Ю., Нечипорук Б. Д.,  
Новоселецький О. М., Стрельчук В. В., 2021  
© Вид-во НаУ «Острозька академія», 2021

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА .....</b>	<b>8</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ МЕХАНІКИ .....</b>	<b>13</b>
1.1 Кінематика матеріальної точки і поступального руху твердого тіла .....	13
1.2 Кінематика руху матеріальної точки по колу .....	17
1.3 Динаміка матеріальної точки і поступального руху твердого тіла .....	19
1.4 Центр мас і закон його руху .....	20
1.5 Рух тіла зі змінною масою. Реактивний рух .....	21
1.6 Сили тяжіння .....	23
1.7 Вага тіла .....	24
1.8 Сили тертя .....	24
1.9 Закони збереження .....	25
1.10 Робота .....	27
1.11 Динаміка обертального руху .....	29
1.12 Основні положення теорії відносності .....	31
1.13 Елементи спеціальної теорії відносності та уявлення про загальну теорію відносності .....	33
<b>ПІДСУМКИ .....</b>	<b>36</b>
Питання для модульного контролю .....	38
Тест для самоконтролю знань за темою «Основи механіки» .....	38
<b>РОЗДІЛ 2. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА .....</b>	<b>44</b>
2.1 Молекулярно-кінетична теорія .....	44
2.2 Характеристики атомів і молекул .....	45
2.3 Параметри стану .....	46
2.4 Рівняння стану ідеального газу .....	47
2.5 Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів .....	48
2.6 Молекулярно-кінетичне тлумачення термодинамічної температури .....	49
2.7 Статистичні розподіли .....	50
2.8 Середні швидкості .....	53
2.9 Експериментальна перевірка закону розподілу Максвелла .....	54
2.10 Ідеальний газ в однорідному полі тяжіння .....	54
2.11 Фізичні основи термодинаміки .....	56
2.12 Робота, виконана системою під час зміни об'єму .....	58
2.13 Внутрішня енергія термодинамічної системи .....	58
2.14 Перший закон термодинаміки .....	60
2.15 Теплоємність .....	61
2.16 Теплові машини .....	62
2.17 Другий закон термодинаміки .....	64
2.18 Зведена кількість тепла. Ентропія .....	65
2.19 Ентропія і ймовірність .....	67
2.20 Межі застосування другого закону термодинаміки .....	68
2.21 Термодинамічний опис процесів в ідеальних газах .....	68

2.22 Реальні гази.....	72
2.23 Рівняння Ван-дер-Ваальса.....	73
2.24 Експериментальні ізотерми.....	74
ПІДСУМКИ.....	76
Питання для модульного контролю.....	78
Тест для самоконтролю знань за темою.....	79
<b>РОЗДІЛ 3.1. ЕЛЕКТРОСТАТИКА І ПОСТІЙНИЙ СТРУМ.....</b>	<b>83</b>
3.1 Електричний заряд. Закон Кулона.....	83
3.2 Закон Кулона.....	84
3.3 Електричне поле. Характеристики електричного поля.....	84
3.4 Графічне зображення електростатичних полів.....	87
3.5 Зв'язок між напруженістю електричного поля і потенціалом.....	88
3.6 Електричне поле в речовині.....	89
3.7 Діелектрики в електричному полі.....	91
3.8 Сегнетоелектрики.....	93
3.9 Провідники в електричному полі.....	94
3.10 Електроємність відокремленого провідника.....	95
3.11 Конденсатори.....	95
3.12 Енергія електричного поля.....	96
3.13 Електричний струм. Характеристики струму.....	97
3.14 Електрорушійна сила. Напряга.....	98
3.15 Закон Ома.....	100
3.16 Закон Ома для неоднорідної ділянки.....	101
3.17 Закон Ома в диференціальній формі.....	102
3.18 Розгалужені кола. Правила Кірхгофа.....	103
3.19 Робота і потужність струму. Закон Джоуля – Ленца.....	104
3.20 Прилади електровимірювань.....	104
3.21 Основні характеристики приладів.....	106
ПІДСУМКИ.....	113
Питання для модульного контролю.....	115
Тест для самоконтролю знань.....	115
<b>РОЗДІЛ 3.2. ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ.....</b>	<b>122</b>
3.22 Магнітне поле у вакуумі.....	122
3.23 Графічне зображення магнітних полів.....	124
3.24 Розрахунок магнітних полів. Закон Біо – Савара – Лапласа.....	125
3.25 Закони магнітного поля.....	126
3.25.1 Магнітний потік.....	126
3.25.2 Теорема Гаусса для магнітного поля.....	127
3.25.3 Циркуляція вектора магнітної індукції. Закон повного струму.....	127
3.26 Дія магнітного поля на провідник зі струмом.....	128

3.27 Робота, що виконується при переміщенні провідника зі струмом у магнітному полі.....	130
3.28 Дія магнітного поля на контур зі струмом у магнітному полі .....	130
3.28.1 Магнітний момент .....	130
3.28.2 Сила, яка діє на контур зі струмом в однорідному магнітному полі .....	131
3.28.3 Обертальний момент, створюваний силами, прикладеними до контуру .....	131
3.28.4 Сила Лоренца.....	132
3.29 Магнітне поле в речовині .....	133
3.29.1 Намагнічування магнетика.....	133
3.29.2 Класифікація магнетиків .....	134
3.29.3 Діамагнетики. Парамагнетики .....	134
3.29.4 Феромагнетики .....	135
3.30 Електромагнітна індукція.....	137
3.31 Принцип дії генератора змінного струму .....	138
3.32 Коло змінного струму з увімкненими активним, індуктивним та ємнісним опорами .....	139
3.33 Струми Фуко.....	143
3.34 Самоіндукція .....	144
3.34.2 ЕРС самоіндукції.....	145
3.34.3 Струми при замиканні і розмиканні кола .....	146
3.34.4 Взаємна індукція .....	147
3.35 Енергія магнітного поля .....	148
3.36 Рівняння Максвелла .....	148
3.37 Магнітні вимірювання .....	149
ПІДСУМКИ .....	150
Питання для модульного контролю .....	152
Тест для самоконтролю знань.....	152
<b>РОЗДІЛ 4. КОЛИВАННЯ І ХВИЛІ.....</b>	<b>159</b>
4.1. Механічні коливання і їх основні характеристики .....	159
4.2 Утворення хвиль. Поперечні та повздовжні хвилі.....	162
4.3 Енергія пружної хвилі. Потік енергії. Вектор Умова .....	163
4.4 Виникнення електромагнітних коливань. Вільні коливання в контурі. ....	164
4.5 Розкладання складних коливань в ряд Фур'є.....	165
4.6 Механічні коливання антропогенного і природного походження .....	166
4.7 Акустика.....	167
4.7.1 Звук і його характеристики .....	168
4.7.2 Рівень інтенсивності звукових коливань .....	170
4.7.3 Суб'єктивні характеристики звукових хвиль .....	170
4.7.4 Фізичні процеси, які супроводжують поширення звуку в навколишньому середовищі .....	170
ПІДСУМКИ.....	171
Питання для модульного контролю .....	173

Тест для самоконтролю знань за темою «Коливання і хвилі» .....	173
<b>РОЗДІЛ 5. ХВИЛЬОВА ОПТИКА.....</b>	<b>176</b>
5.1 Геометрична оптика. Основні поняття.....	176
5.2 Відбиття світла від плоских і сферичних поверхонь. Дзеркала .....	177
5.3 Заломлення світла на плоских поверхнях. Призма .....	179
5.4 Заломлення світла на сферичній поверхні. Лінзи .....	180
5.5 Інтерференція. Загальні визначення. Когерентність.....	184
5.6 Розрахунок картини від двох джерел .....	185
5.7 Способи здійснення інтерференції світла.....	185
5.8 Інтерференція світла при відбитті від прозорих пластинок і плівок.....	186
5.9 Дифракція .....	188
5.9.1 Принцип Гюйгенса-Френеля.....	188
5.9.2 Дифракція.....	189
5.9.3 Дифракційна решітка .....	190
5.10 Поляризація світла .....	191
5.11 Поглинання світла.....	194
5.12 Розсіяння світла.....	194
5.13 Дисперсія світла.....	195
ПІДСУМКИ .....	197
Тест для самоконтролю знань.....	199
Питання для поточного комп'ютерного тестування.....	199
<b>РОЗДІЛ 6. АТОМНА ФІЗИКА З ЕЛЕМЕНТАМИ КВАНТОВОЇ МЕХАНІКИ.....</b>	<b>204</b>
6.1 Квантова природа світла.....	204
6.2 Випромінювання абсолютно чорного тіла.....	204
6.3 Фотоелектричний ефект .....	206
6.4 Хвильові властивості мікрочастинок. Корпускулярно-хвильовий дуалізм.....	207
6.5 Модель атома Резерфорда – Бора.....	209
6.6 Квантові числа.....	211
6.7 Співвідношення невизначеностей Гейзенберга.....	212
6.8 Симетричні та антисиметричні функції. Ферміони та бозони. Принцип Паулі.....	213
6.9 Елементи квантової механіки .....	214
6.10 Найпростіші квантовомеханічні задачі.....	216
6.11 Квантово-механічна теорія атома гідрогену. Енергетичний спектр .....	221
6.12 Основи фізики лазерів .....	225
6.13 Основи спектроскопії.....	230
6.14 Елементи фізики твердого тіла .....	236
6.15 Напівпровідникові прилади .....	238
ПІДСУМКИ .....	245
Питання для модульного контролю .....	247
Тест для самоконтролю знань.....	248

<b>РОЗДІЛ 7. ФІЗИКА ЯДРА ТА ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК .....</b>	<b>252</b>
7.1 Будова ядра та його властивості .....	252
7.2 Ядерний магнітний резонанс .....	253
7.3 Дефект маси й енергія зв'язку атомних ядер.....	254
7.4 Ядерні сили .....	255
7.5 Радіоактивність.....	256
7.6 Закон радіоактивного розпаду .....	257
7.7 Ядерні реакції .....	258
7.8 Енергія ядерних реакцій .....	259
7.9 Іонізуюче випромінювання .....	261
7.10 Отримання рентгенівських променів та його основні властивості. ....	263
7.11 Дозиметрія іонізуючого випромінювання .....	266
7.12 Радіаційна безпека.....	267
7.13 Методи реєстрації іонізуючого випромінювання .....	270
7.14 Елементарні частинки.....	274
7.15 Класифікація елементарних частинок.....	275
7.16 Будова елементарних частинок. Кварки .....	276
7.17 Характеристики і взаємодія кварків .....	276
<b>ПІДСУМКИ .....</b>	<b>278</b>
Питання для модульного контролю .....	279
Тест для самоконтролю знань .....	279
<b>ЛІТЕРАТУРА НА ДОПОМОГУ САМОСТІЙНІЙ РОБОТІ .....</b>	<b>282</b>
<b>ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК .....</b>	<b>283</b>

## ПЕРЕДМОВА

Фундаментальна наука *фізика* вивчає найпростіші та найзагальніші властивості і закони руху оточуючих нас об'єктів матеріального світу. Поняття фізики та її закони лежать в основі неживої та живої матерії, тобто всього природознавства. Межі, що відділяють фізику від інших природничих наук, досить умовні і змінюються з часом. Отже, *предметом вивчення фізики є загальні закономірності явищ природи.*

Фізичні закони встановлюються на основі узагальнення дослідних фактів і виражають об'єктивно існуючі в природі закономірності. Закони формулюються у вигляді кількісних співвідношень між різними фізичними величинами.

Основним методом дослідження у фізиці є експеримент, тобто спостереження досліджуваного явища за точно контрольованих умов, які дозволяють слідкувати за ходом явища і відтворювати його кожного разу при повторенні цих умов. Жоден дослід ніколи не охоплює всю різноманітність умов, за яких можуть протікати явища, а вимірювання завжди супроводжуються похибками, тобто справедливність принципів можна встановити лише в обмежених границях і з обмеженою точністю. Розширення кола явищ, що вивчаються, і підвищення точності розширюють ці границі.

Для пояснення експериментальних даних використовують гіпотези – наукові припущення, які висуваються для пояснення якого-небудь факту або явища і які потребують перевірки і доказу для того, щоб стати науковою теорією або законом. Правильність висунутої гіпотези перевіряється експериментально. Гіпотеза, яка успішно пройшла таку перевірку і була доведена, перетворюється в науковий закон або теорію.

Фізична теорія – система основних ідей, які узагальнюють дослідні дані і відображають об'єктивні закономірності природи. Фізична теорія дає пояснення явищ природи з єдиного підходу.

*Основні етапи розвитку фізики.* Фізичні явища оточуючого світу здавна привертали увагу людей. В епоху греко-римської культури вперше зародились ідеї про атомну будову речовини, була створена геоцентрична система світу, встановлені прості закони статички (правило важеля), відкриті закони прямолінійного поширення і відбиття світла, спостерігались найпростіші прояви електрики та магнетизму.

В середині XVI століття М. Копернік висунув теорію про геліоцентричну систему світу.

Розвиток фізики як науки в сучасному розумінні цього слова був початий працями Г. Галілея у першій половині XVII століття. Галілей зрозумів, що для вивчення природи потрібно ставити спеціальні досліди, не обмежуючись простим спостереженням, і що для відкриття законів руху потрібно навчитись описувати рухи за допомогою математики.

Основним досягненням фізики XVII століття було створення класичної механіки І. Ньютоном, який, відкрив також закон всесвітнього тяжіння.



У другій половині XVII століття швидко розвивалась геометрична оптика і закладались основи фізичної оптики (Ф. Гримальді відкрив дифракцію світла, а Ньютон провів фундаментальні дослідження дисперсії світла).

У XVIII столітті продовжувався розвиток класичної механіки, були закладені основи гідродинаміки ідеальної рідини (Бернуллі, Ейлер, Лагранж), була розроблена динаміка твердого тіла (Ейлер), відкритий закон взаємодії електричних зарядів (Кавендіш, Кулон), відкриті інфрачервоні та ультрафіолетові промені.

У XIX столітті розвивається хвильова теорія світла (Юнг і Френель за допомогою хвильових уявлень пояснили інтерференцію і дифракцію світла). Вивчались електричні та магнітні явища (дослід Ерстеда; закон Ампера). В 1831 році М. Фарадей відкрив явище електромагнітної індукції. Фарадей висунув гіпотезу про існування електромагнітного поля.

В 40-х роках XIX століття був відкритий перший закон термодинаміки – закон збереження і перетворення енергії (Майєр, Джоуль, Гельмгольц).

В 1850-1851 роках був сформульований другий закон термодинаміки, який визначає напрямленість можливих енергетичних процесів (Клаузіус, В. Томсон – лорд Кельвін).

В 1859 році Дж. Максвелл становив закон розподілу молекул за швидкостями. Після цього стало можливе створення статистичної механіки. Л. Больцман побудував кінетичну теорію газів і дав статистичне обґрунтування законів термодинаміки. Статистична механіка отримала завершення у 1902 році в працях Гіббса.

У другій половині XIX століття процес вивчення електромагнітних явищ був завершений Максвеллом, який запропонував рівняння для електромагнітного поля, які пояснювали всі відомі на той час факти і дозволяли передбачити нові явища. Теорія Максвелла дозволила відкрити електромагнітні хвилі та встановити їхні властивості, зокрема, те, що їх швидкість дорівнює швидкості світла. Експериментальні дослідження електромагнітних хвиль (Г. Герц) підтвердили ці висновки. З теорії Максвелла випливало, що світло має електромагнітну природу. Тим самим оптика стала одним з розділів електродинаміки.

У XIX столітті продовжувався розвиток механіки суцільного середовища. Були закладені основи спектрального аналізу (Кірхгоф, Бунзен), розроблена теорія пружних коливань і хвиль (Гельмгольц, Релей). Створена техніка низьких температур. Були отримані у рідкому стані всі гази, крім гелію, який був скраплений у 1908 р. Каммерлінг-Оннесом.

У кінці XIX століття фізику вважали майже завершеною. Однак на межі XIX і XX століть виявились деякі факти, які вимагали перегляду основних уявлень класичної фізики.

До цих фактів треба віднести такі: результати дослідів Майкельсона, які показували незалежність швидкості світла у вакуумі від руху джерела і приймача; незрозуміла з погляду молекулярно-кінетичної теорії залежність теплоємності газів від температури; неможливість за допомогою уявлень класичної фізики пояснити закони теплового випромінювання нагрітих тіл.

Для пояснення цих та відкритих пізніше багатьох інших фактів необхідно було переглянути деякі фундаментальні положення класичної фізики, для чого були створені теорія відносності та квантова механіка.

В 1905 році А. Ейнштейн створив спеціальну теорію відносності – нове вчення про простір і час, яке відрізнялось від уявлень, що лежали в основі класичної механіки Ньютона.

З класичної теорії теплового випромінювання випливало, що теплова рівновага між речовиною та її випромінюванням неможлива. Однак повсякденний досвід суперечив цьому. Вихід був знайдений у 1900 році М. Планком, який показав, що результати теорії узгоджуються з експериментом, якщо припустити, що атоми випромінюють електромагнітну енергію окремими порціями – квантами, причому енергія кожного кванта пропорційна частоті випромінювання.

В 1905 році Ейнштейн розширив гіпотезу Планка, припустивши, що порція електромагнітного випромінювання зберігає свою індивідуальність – поширюється і поглинається лише цілком, тобто поводить себе подібно до частинки (пізніше вона отримала назву – фотон). На основі цієї гіпотези Ейнштейн пояснив закономірності зовнішнього фотоефекту, які не вкладались у рамки класичної електродинаміки. Таким чином, виявився корпускулярно-хвильовий дуалізм світла: світло залежно від характеру взаємодії з середовищем проявляє як хвильові, так і корпускулярні властивості.

Квантування випромінювання приводило до висновку, що енергія внутрішньоатомних рухів також може змінюватись лише стрибкоподібно. Такий висновок був зроблений в 1913 році Н. Бором. На цей час (1911 р.) Е. Резерфорд, інтерпретуючи результати своїх експериментів з розсіяння  $\alpha$ -частинок речовиною, відкрив атомне ядро і запропонував ядерну (планетарну) модель атома. Щоб пояснити стійкість атома і його лінійчатий спектр, Бор постулював, що атоми можуть знаходитись лише в особливих стаціонарних станах, в яких вони не випромінюють і не поглинають, і лише при переході з одного стаціонарного стану в інший атом здатний випромінювати або поглинати квант енергії.

В 1920-х роках була побудована послідовна, логічно завершена теорія руху мікрочастинок – квантова, або хвильова, механіка. В її основу лягли ідеї квантування Планка-Бора і висунута в 1924 році Л. де Бройлем гіпотеза, що двоїста корпускулярно-хвильова природа властива не лише електромагнітному випромінюванню (фотонам), але і мікрочастинкам. В 1927 році вперше спостерігалась дифракція електронів, яка підтвердила експериментально наявність у них хвильових властивостей.

В 1926 році Е. Шредингер сформулював основне рівняння нерелятивістської квантової механіки, яке було назване його ім'ям. В. Гейзенберг та інші побудували квантову механіку в іншій математичній формі – так звану матричну механіку.

В 1925 році Дж. Уленбек і С. Гаудсміт на основі експериментальних даних висунули гіпотезу про існування у електрона власного моменту імпульсу – спіну (а, отже, і зв'язаного з ним власного, спінового, магнітного моменту).

В 1925 році В. Паулі сформулював принцип, згідно з яким в одному квантовому стані не може знаходитись більше одного електрона. Цей принцип відіграв важливу роль у побудові квантової теорії систем багатьох частинок, зокрема, він дозволив пояснити закономірності заповнення електронами оболонок і шарів у багато електронних атомах і таким чином дав теоретичне обґрунтування будови періодичної системи елементів Менделєєва.

Відкриттю Резерфордом атомного ядра передували відкриття радіоактивності (А. Беккерель), перетворення важких атомів (П. і М. Кюрі), а також ізотопів (Ф. Содді). Перші спроби безпосереднього дослідження будови атомного ядра відносяться до 1916 року, коли Резерфорд, опромінюючи стабільні ядра азоту  $\alpha$ -частинками, встановив перетворення їх в ядра кисню. Відкриття Дж. Чедвіком в 1932 році нейтрона привело до створення сучасної протонно-нейтронної моделі ядра. В 1934 році Ф. та І. Жоліо-Кюрі відкрили штучну радіоактивність.

Створення прискорювачів заряджених частинок дозволило вивчати різні ядерні реакції. Найважливішим результатом цього етапу у фізиці стало відкриття поділу ядра і можливості вивільнення ядерної енергії.

Одночасно з фізикою атомного ядра почався швидкий розвиток фізики елементарних частинок. Перші великі успіхи в цій області пов'язані з дослідженням космічних променів. Були відкриті мюони, пі-мезони, К-мезони, гіперони. Після створення високоенергетичних прискорювачів почалось планомірне вивчення елементарних частинок, їхніх властивостей і взаємодій, була відкрита велика кількість нових елементарних частинок, в тому числі так званих резонансів, середній час життя яких становить всього  $10^{-22}$ - $10^{-24}$  с.

Виявлена універсальна взаємоперетворюваність елементарних частинок вказувала на те, що не всі ці частинки елементарні в абсолютному сенсі цього слова, а мають складну внутрішню структуру. Теорія елементарних частинок та їх взаємодій (сильних, електромагнітних і слабких) є предметом квантової теорії поля – сучасної теорії, що інтенсивно розвивається.

Кінець 20 і початок 21 століть ознаменувався інтенсивними дослідженнями речовини в нанометровому діапазоні, що призвело до виникнення нанофізики, нанотехнологій, наноматеріалів. Відкриття незвичних властивостей нанооб'єктів можуть суттєво вплинути як на довкілля, так і самої людської сутності

**Фізичні вимірювання і фізичні величини.** Фізика належить до класу так званих точних наук, де кількісне визначення змін, що відбуваються, відіграє головну роль. У фізичних дослідженнях визначаються різні фізичні величини, такі, наприклад, як швидкість, сила, різниця потенціалів тощо. Фізичні величини визначають властивості тіл або характеристики процесу, зміни яких завжди треба встановлювати кількісно, за допомогою вимірювань, тобто порівняння даної величини з певною величиною того ж роду, прийнятою за одиницю.

Будь-яка фізична величина визначається на основі закономірностей, отриманих з досліду. Чисельне значення фізичної величини отримують унаслідок вимірювання – порівняння її з деяким еталоном, прийнятим за одиницю. Взагалі вибір еталона або одиниці вимірювання є довільним. Для кожної фізичної величини може бути вибрана своя умовна одиниця, повністю

незалежна від вибору одиниць для інших величин. Однак у фізиці так не роблять і довільно встановлюють одиниці тільки для деяких *основних* величин, тоді одиниці для всіх інших величин будуть залежати від основних. У цьому випадку основні одиниці будуть простими, а всі решта – складними. Дійсно, користуючись відомими фізичними законами, можна знайти залежність похідних фізичних величин від основних. Залежність ця буде визначеною, якщо кожного разу буде вказано, яким чином вибрані коефіцієнти пропорційності у формулах, що виражають фізичну закономірність. При визначенні одиниць складних величин намагаються вибирати ці коефіцієнти пропорційності якомога простішими.

Зараз у фізиці прийнято користуватись одиницями системи СІ (система інтернаціональна). В цій системі за основні прийняті одиниця довжини – метр (*м*), одиниця часу – секунда (*с*), одиниця маси – кілограм (*кг*), одиниця температури – кельвін (*К*), одиниця кількості речовини – *моль*, одиниця сили струму – ампер (*А*), одиниця сили світла – кандела (*кд*).

Одиниці всіх складних фізичних величин залежать від вибору основних величин. Формули, які вказують зв'язок між одиницями складних величин і основних, називаються формулами розмірностей. Кожна величина має певну розмірність, на основі якої можна судити про зміни одиниці складної величини внаслідок зміни величин основних одиниць.

## РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ МЕХАНІКИ

Механіка – розділ фізики, що вивчає механічний рух матеріальних тіл та їх взаємодію. Механіку поділяють на кінематику, динаміку і статику.

### 1.1 Кінематика матеріальної точки і поступального руху твердого тіла

**Кінематика** розглядає геометричний аспект руху тіл, зв'язок геометричних характеристик руху з часом без урахування маси тіл і сил, що діють на них. **Динаміка** вивчає рухи тіл під дією сил. Основним завданням динаміки є встановлення кінематичних характеристик руху за заданим характером взаємодії та силових взаємодій. **Статика** вивчає умови рівноваги тіл, на які діють різні сили.

**Уявлення про властивості простору і часу.** Основні форми існування матерії є *простір і час*. Простір виражає порядок співіснування окремих предметів. Різні матеріальні об'єкти мають визначену просторову протяжність, певним способом розміщені один відносно одного. Зміни у просторі зумовлюють зміни в протяжності і взаємному розміщенні тіл.

**Час виражає порядок зміни явищ.** Різні явища у природі відбуваються у певній послідовності і мають більшу чи меншу тривалість. Безперервні зміни і розвиток матерії відбуваються в часі, час координує послідовність і тривалість станів, подій, явищ. Безпосередній зміст результатів спостережень та експериментів полягає у фіксуванні просторово-часового збігу. Простір і час є одним з найважливіших засобів конструювання теоретичних моделей, які інтерпретують експериментальні дані, забезпечують ототожнення і відмінність окремих фрагментів матеріальної дійсності. За І.Ньютоном, абсолютний простір і абсолютний час є самостійними сутностями, які не залежать ні одна від одної, ні від матеріальних об'єктів, що знаходяться в них, ні від процесів, які в них відбуваються. У класичній механіці простір тривимірний, час – одновимірний, спливає однаково для всіх об'єктів, у всіх системах відліку. З часом трактування Ньютона трансформувалося.

**Матеріальна точка** – тіло, розмірами і формою якого в даній задачі можна знехтувати. Одне і те саме тіло в одних випадках можна вважати матеріальною точкою, в інших – слід розглядати як протяжний об'єкт. Так, космічний корабель на орбіті з погляду спостерігача в центрі керування польотом на Землі – це матеріальна точка, а для космонавта на цьому кораблі – він має протяжні розміри.

**Система відліку.** Будь-який механічний рух матеріального тіла можна спостерігати і вивчати лише відносно яких-небудь інших тіл. Тіло, відносно якого розглядають рух інших тіл, називають *тілом відліку*. З тілом відліку пов'язують систему координат. Для повного описування руху, крім тіла відліку і системи координат, потрібно вибрати ще спосіб вимірювання часу. Час вимірюють годинниками, які в різних місцях простору повинні показувати той самий час. Такі годинники називаються синхронізованими.

*Навчальне видання*

**Микола Юхимович НОВОСЕЛЕЦЬКИЙ**  
**Богдан Дмитрович НЕЧИПОРУК**  
**Олександр Миколайович НОВОСЕЛЕЦЬКИЙ**  
**Віктор Васильович СТРЕЛЬЧУК**

## **ОСНОВИ ФІЗИКИ**

*Підручник*  
*для студентів спеціальності «Комп'ютерні науки»*

**Технічний редактор** *Наталія Крушинська*

Формат 60x84/8. Ум. друк. арк. 33,25. Обл.-вид. арк. 23,49. Наклад 100 пр. Зам. № 65–21.  
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура «Times New Roman».

Оригінал-макет виготовлено у видавництві  
Національного університету «Острозька академія»,  
Україна, 35800, Рівненська обл., м. Острог, вул. Семінарська, 2.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи РВ № 1 від 8 серпня 2000 року.

Виготовлено ФОП Свинарчук М. В.  
Тел. (+38068) 68 35 800, e-mail: 35800@ukr.net.