

О.Я. Кузнецова, Н.П. Муранова

# ФІЗИКА

ТЕОРІЯ  
І ПРАКТИКА

Навчальний посібник



Київ  
Книжкове видавництво  
Національного авіаційного університету  
2007

УДК 53(075.8)  
ББК В3я7  
К 891

*Тиражувати без офіційного дозволу НАУ забороняється*

**Рецензенти:**

**Ю. І. Джежеря**, д-р фіз.-мат. наук, проф.  
(Національний технічний університет України «КПІ»)  
**А. С. Литовченко**, д-р фіз.-мат. наук, проф.  
(Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України)  
**І. П. Ільчишин**, канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб.  
(Інститут фізики НАН України)

*Гриф надано Міністерством освіти і науки України  
(Лист 1,4/18-Г-256 від 06.02.07)*

*Затверджено на засіданні науково-методичної ради  
Аерокосмічного інституту НАУ  
(Протокол №2 від 26.10.2004)*

**Кузнєцова О. Я., Муранова Н. П.**

К 891 Фізика. Теорія і практика: Навч. посібник. — К.: Книжкове  
вид-во НАУ, 2007. — 316 с.  
ISBN 978-966-598-384-2

Навчальний посібник має на меті допомогти тим, хто вирішив навчатися в Національному авіаційному університеті (НАУ), опановуючи технічні спеціальності, систематизувати й поглибити свої знання з фізики на базі шкільного курсу. Задачник містить теоретичні відомості, подані хоча й стисло, але в достатньому обсязі для того, щоб не тільки розвинути вміння розв'язувати задачі, а й дати змогу активізувати найважливіші теоретичні положення та усвідомити сутність фізичних законів. У задачнику наведено численні приклади розв'язування типових задач та умови задач для самостійного розв'язування — як розрахункових, так і якісних.

Зміст посібника відповідає робочій навчальній програмі з фізики Інституту доувівської підготовки для семимісячних підготовчих курсів та програмі середньої загальноосвітньої школи.

Матеріали задачника викладено в такий спосіб, щоб зосередити увагу читачів саме на тому напрямку, в якому їм далі доведеться вивчати фізику на одному з факультетів НАУ.

**УДК 53(075.8)  
ББК В3я7**

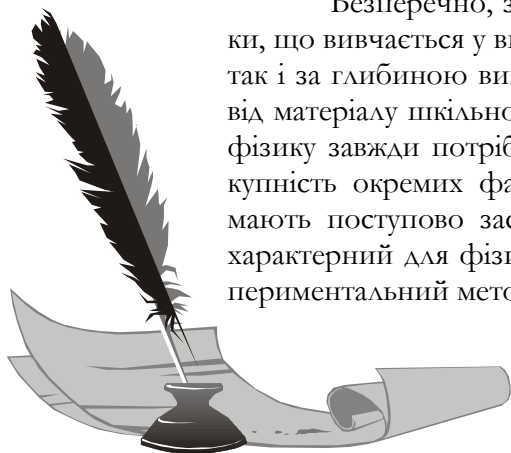
© О. Я. Кузнєцова,  
М. П. Муранова 2007  
© НАУ, 2007

**ISBN 978-966-598-384-2**

# ПЕРЕДМОВА

Викладачі вищої школи щороку переконуються в тому, що знання з фізики, які мають випускники середніх шкіл, характеризуються незадовільним рівнем. Бентежит не стільки недостатня кількість фактів і теоретичних уявлень, які мають учні, скільки відсутність правильного й чіткого розуміння співвідношення між ними. Учні частогусто погано орієнтуються в тому, який фізичний зміст мають ті чи інші визначення, що являє собою результати досліду, що потрібно сприймати як теоретичне узагальнення цих дослідних знань. Часто нові факти оцінюються лише як споглядальні наслідки, і через це не відбувається усвідомленого їх узагальнення. Водночас і навпаки: унаслідок недостатнього аналізу формулювання одних і тих самих положень сприймаються як різні закономірності.

Безперечно, за об'ємом матеріал з фізики, що вивчається у вищій школі, як за обсягом, так і за глибиною викладу істотно відрізняється від матеріалу шкільного курсу. Проте викладати фізику завжди потрібно саме як науку, а не сукупність окремих фактів. Інакше кажучи, учні мають поступово засвоювати науковий метод, характерний для фізики. Зрозуміло, що це експериментальний метод.

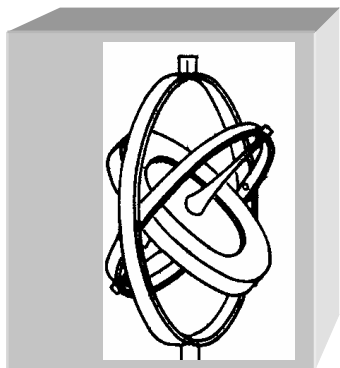


Необхідно, щоб учні розуміли, що визначення, сформульовані на підставі логіки, наповнюються змістом лише за допомогою досліду, через вимірювання. Будь-яке фізичне поняття має конкретне тлумачення тільки за умови, що з ним пов'язаний певний спосіб спостереження та вимірювання, без якого це поняття не можна застосувати при дослідженні реальних фізичних явищ.

Чітке розуміння експериментального характеру фізичних законів надзвичайно важливе, оскільки забезпечує погляд на фізику, як справді *природничу* науку, а не систему теоретичних уявлень. Водночас такий підхід дає змогу усвідомити існування меж застосовності встановлених фізичних законів та теорій, що на них ґрунтуються, і відкриває подальші перспективи розвитку науки.

Цей навчальний посібник має на меті систематизувати вже здобуті учнями знання з фізики, розкрити зв'язки між фізичними явищами і дати уявлення про головні методичні прийоми розв'язування задач.

Автори висловлюють подяку старшому викладачеві Інституту доуніверситетської підготовки Ричко Л.В. за участь у доборі прикладів розв'язування задач та задач для самостійного розв'язування з розділів «Механіка», «Молекулярна фізика і термодинаміка» та «Електромагнетизм».



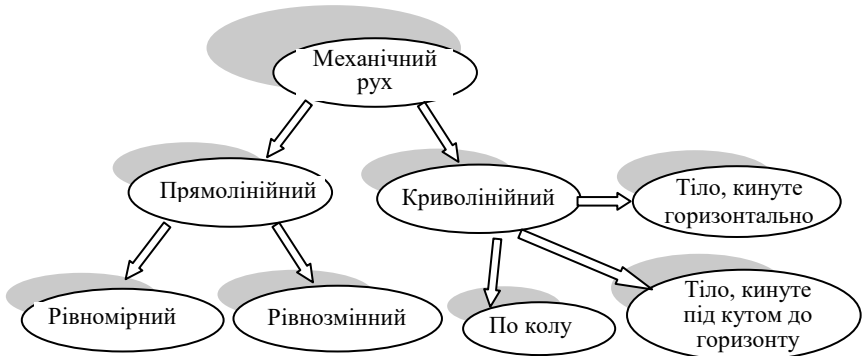
# РОЗДІЛ

## МЕХАНІКА

### ***А чи знаєте ви?***

Упродовж 1961 — 1999 років біля поверхні Венери побувало 19 апаратів колишнього СРСР і 8 апаратів США. У 2005 році Європейське космічне агентство відправило до Венери апарат нового покоління Venus Express. Він стартував з космодрому Байконур 9 листопада того року і за допомогою ракети-носія «Союз» через 5 місяців польоту 11 квітня 2006 року дістався Венери і став її штучним супутником. Venus Express було оснащено аналізатором космічної плазми ASPERA-4; планетарним Фур'є-спектрометром інфрачервоного діапазону PFS для вивчення верхніх шарів атмосфери; сканувальним спектрометром SPICAV, здатним отримувати спектри і будувати зображення в діапазоні від інфрачервоного до ультрафіолетового випромінювання. Під час досліджень отримано такі дані: тиск на поверхні Венери дорівнює 92 атм, температура становить близько 470°C. Один оберт навколо Сонця Венера виконує за 224,7 земної доби; доба Венери становить 243 земні доби. Щільна атмосфера Венери містить 96,5% CO<sub>2</sub> і 3,5% N<sub>2</sub>; швидкість вітру у верхніх її шарах перевищує 100 м/с. Ще в атмосфері Венери знайдено важку воду. Венера на відміну від Землі та інших планет поглинає сонячне випромінювання переважно в ультрафіолетовому діапазоні, а в інших діапазонах більша частина світла розсіюється хмарами і повертається в космічний простір. Саме з цієї причини Венера так яскраво сяє на земному небосхилі.

**Механіка** вивчає найпростіший рух тіл у природі — переміщення одних тіл відносно інших. Такий рух називається **механічним**. Скільки існує видів механічного руху? Найпростішу класифікацію видів механічного руху подано на схемі:



Механіка, що вивчає рух макроскопічних тіл із швидкостями, набагато меншими, за швидкість світла у вакуумі, яка становить  $3 \cdot 10^8$  м/с, називається **класичною**. Класична механіка складається з трьох розділів:



**Кінематика** вивчає закономірності відносного руху тіл у просторі незалежно від причин, які його викликали.

**Динаміка** досліджує вплив взаємодії між тілами на їхній механічний рух.

**Статика** вивчає закони додавання сил і умови рівноваги тіл.

Якщо вивчається рух тіл із швидкостями, наближеними до швидкості світла у вакуумі, механіка називається **релятивістською**. Релятивістська механіка, яка описує рух тіл відносно інерціальних систем відліку, ґрунтується на **спеціальній теорії відносності**, створеній А. Ейнштейном.



# 1. КІНЕМАТИКА

Отже, кінематика описує рух тіл, абстрагуючись від причини, що його викликали. Щоб описати рух, потрібно вибрати систему відліку.

## Сукупність тіла відліку і заданих на ньому початку відліку та осей координат і утворює систему відліку.

Потрібно ще додати прилад для вимірювання часу. Згадаймо, як ми в повсякденному житті призначаємо комусь зустріч. Ми говоримо, наприклад, так: «Я чекатиму на тебе біля метро на Хрещатику, ліворуч від входу, біля кіоска, де продається морозиво, о десятій годині ранку». За тіло відліку ми вибрали метро на Хрещатику. Початок координат та осі координат ми задали, зорієнтувавшись відносно входу в метро та кіоска, де продається морозиво.

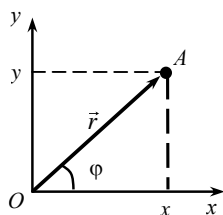
Вочевидь, ми вибираємо місце зустрічі так, щоб нам було зручно. Так само й систему відліку слід вибирати, керуючись міркуваннями щодо оптимального і простого способу розв'язання фізичної задачі. Для вивчення руху тіл на Землі систему відліку потрібно поєднати із Землею. Щоб вивчити рух самої Землі, систему відліку найзручніше поєднати із Сонцем. Таким чином, **механічний рух відносний**, тобто завжди потрібно зазначати систему відліку. Яку ж систему координат вибрати? Найчастіше застосовують декартову систему координат (рис. 1.1).

Вісь абсцис —  $Ox$ ; вісь ординат —  $Oy$ ;  $O$  — початок координат. Положення точки  $A$  відносно площини  $xOy$  задаємо за допомогою координат  $x$  і  $y$ . Проте положення точки  $A$  можна задати не тільки декартовими координатами  $(x, y)$ , а й відстанню  $\vec{r}$  цієї точки від початку координат і кутом  $\varphi$  між віссю  $Ox$  і вектором  $\vec{r}$ .

Пару величин  $(\vec{r}, \varphi)$  називають **полярними координатами** точки. Декартові і полярні координати пов'язані між собою такими залежностями:

$$x = r \cos \varphi; \quad y = r \sin \varphi; \quad \varphi = \arctg \frac{y}{x}; \quad r = \sqrt{x^2 + y^2}.$$

**Вектор  $\vec{r}$ , який сполучає початок координат і точку  $A$ , називається радіусом-вектором.**



Які об'єкти вивчає кінематика? Найпростішим об'єктом, рух якого вивчає класична механіка, є матеріальна точка.

**Матеріальна точка — це макроскопічне тіло, розмірами якого можна знехтувати порівняно з відстанями, розглядуваними в умовах задачі.**

Матеріальних точок у природі не існує. Це фізична модель. Як вибрати матеріальну точку? Потрібно порівнювати розміри тіла з деякими відстанями, характерними для руху, що вивчається.

Наприклад, Землю можна вважати за матеріальну точку під час розгляду її руху навколо Сонця. Характерним розміром тут є радіус земної орбіти ( $15 \cdot 10^8$  км) порівняно з радіусом Землі (6400 км). Автомобіль (завдовжки близько 3 м), який проїхав, наприклад, по дорозі 1,5 км, також можна вважати матеріальною точкою.

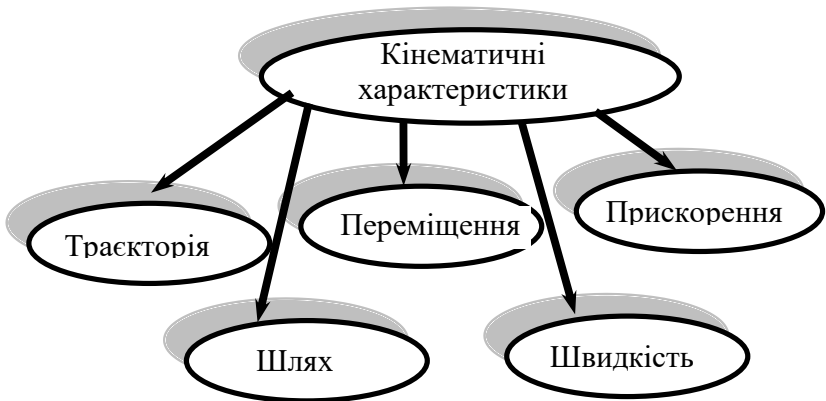
Які задачі розв'язує кінематика?

**Основна задача кінематики полягає в тому, щоб в будь-який момент часу віміти визначити положення матеріальної точки відносно вибраної системи відліку.**

Отже, потрібно знайти рівняння, яке встановлюватиме зв'язок між радіусом-вектором, або координатами, матеріальної точки і часом. Тобто маємо подати радіус-вектор, або координати, як функцію часу:

$$\vec{r} = \vec{r}(t) \text{ або } x = x(t), y = y(t).$$

Для розв'язування поставленої задачі застосовують *кінематичні характеристики* руху, подані на схемі:



Розглянемо ці характеристики докладніше.

## Траєкторія

**Траєкторією матеріальної точки (або просто точки) називається лінія, яку вона описує під час руху в просторі відносно вибраної системи відліку.**

Траєкторія руху точки може мати форму будь-якої складної кривої лінії (рис. 1.2). У такому разі йдеться про криволінійний рух точки. Проте зручно виділити дві найпростіші форми траєкторії руху матеріальної точки: *пряму лінію* і *коло* (рис. 1.3, а, б).

Завжди будь-яку криву лінію можна подати як комбінацію прямої лінії і дуги кола.

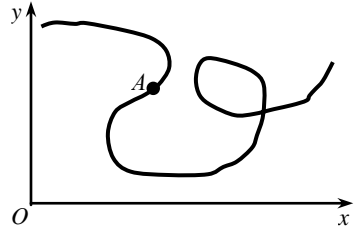


Рис. 1.2

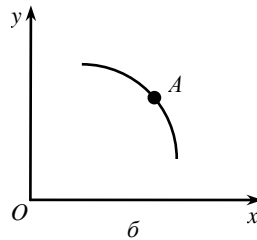
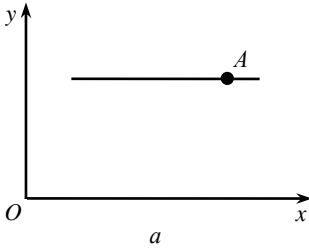


Рис. 1.3

## Шлях і переміщення

**Шлях — це довжина частини траєкторії, яку пододала матеріальна точка за даний проміжок часу  $\Delta t$ .**

Шлях позначається  $\Delta s$ . Це скалярна величина (рис. 1.4, а). Проте потрапити з точки 1 у точку 2 можна ще й інакше, тобто вздовж прямої, яка сполучає ці точки (рис. 1.4, а).

**Лінія, яка сполучає початкове і кінцеве положення точки на траєкторії, називається вектором переміщення  $\Delta \vec{r}$ .**

Коли рух криволінійний, модуль вектора переміщення завжди менший за шлях (див. рис. 1.4, а):

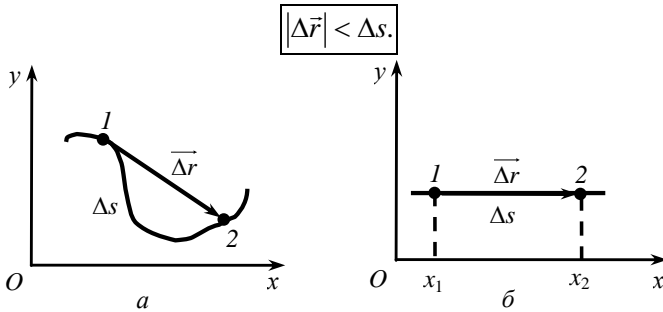


Рис. 1.4

У разі, коли траєкторія руху точки являє собою пряму лінію, тобто рух прямолінійний, модуль вектора переміщення дорівнює шляху (рис. 1.4, б):

$$|\Delta \vec{r}| = \Delta s.$$

При прямолінійному русі шлях, пройдений тілом за час  $\Delta t$ , визначається як різниця відповідних координат:

$$\Delta s(t) = x_2 - x_1.$$

Узагальнюючи сказане, доходимо висновку, що модуль вектора переміщення або дорівнює шляху, або менший за шлях:

$$|\Delta \vec{r}| \leq \Delta s.$$

Одиниця шляху і переміщення в СІ — метр (м).

### 1.1. Швидкість

Ми знаємо, що положення тіла відносно системи відліку може змінюватися в різному темпі. У кінематиці вводиться величина, яка характеризує темп зміни руху, — це **швидкість**.

**Середньою швидкістю**  $\vec{v}_{\text{сеп}}$  руху точки в інтервалі часу  $\Delta t$  називається вектор, який дорівнює відношенню вектора переміщення за цей час до інтервалу часу:

$$\vec{v}_{\text{сеп}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}.$$

**Швидкість — це величина векторна, тому вона має напрям і модуль. Вектор середньої швидкості напрямлений вздовж вектора переміщення**

(рис. 1.5). Модуль вектора середньої швидкості визначається так:

$$v_{\text{сеп}} = \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta t}.$$

У разі прямолінійного руху, як ми знаємо, модуль вектора переміщення дорівнює довжині шляху, тоді модуль середньої швидкості визначатиметься так:

$$v_{\text{сеп}} = \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

Одиниця швидкості в СІ — м/с. **Миттєва швидкість** руху точки — це швидкість у даний момент часу в даній точці траєкторії (див. рис. 1.5).

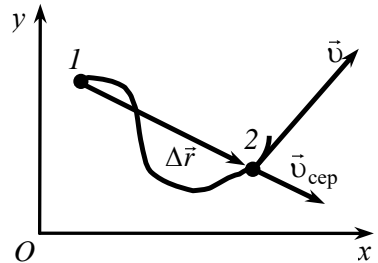


Рис. 1.5

**Миттєва швидкість напрямлена по дотичній до траєкторії в даній точці.**

Модуль миттєвої швидкості дорівнює:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} |\vec{v}_{\text{сеп}}| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta t} = \frac{d|\Delta \vec{r}|}{dt},$$

тобто модуль миттєвої швидкості дорівнює першій похідній від модуля вектора переміщення за часом.

### Закон додавання швидкостей

Відомо, що тіло може рухатися одночасно відносно двох систем відліку. Найцікавіший випадок такого руху, коли друга система відліку сама рухається відносно першої. Ось приклад такого руху. Вагон трамвая рухається прямолінійно і рівномірно із швидкістю  $\vec{v}_0$  відносно Землі. Людина рухається прямолінійно і рівномірно із швидкістю  $\vec{v}'$  відносно вагона трамвая в тому самому напрямі. Потрібно визначити, з якою швидкістю  $\vec{v}$  людина рухається відносно Землі.

Введемо такі позначення: переміщення людини відносно Землі позначимо  $\Delta \vec{r}$ ; переміщення вагона трамвая відносно Землі за той самий проміжок часу позначимо  $\Delta \vec{r}_0$ ; переміщення людини відносно вагона трамвая за той самий час —  $\Delta \vec{r}'$ . Тоді

$$\Delta \vec{r} = \Delta \vec{r}_0 + \Delta \vec{r}',$$

або

$$\Delta \vec{r} = \vec{v}_0 \Delta t + \vec{v}' \Delta t.$$

Поділивши ліву і праву частини рівності на  $\Delta t$ , дістанемо швидкість руху людини відносно Землі:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{v}'.$$

Це рівняння є математичним виразом *класичного закону додавання швидкостей*: швидкість руху тіла (людини) відносно нерухомої системи відліку (Землі) дорівнює векторній сумі швидкості руху рухомої системи відліку (вагону трамвая) відносно нерухомої і швидкості руху тіла відносно рухомої системи відліку.

## 1.2. Прискорення

Відомо, що під час руху швидкість тіла може змінюватися з часом, а може лишатися сталою. У кінематиці для характеристики темпу зміни швидкості вводиться вектор *прискорення*. Прискорення буває середнім і миттєвим.

*Середнім прискоренням* точки в інтервалі часу  $\Delta t$  називається вектор, який дорівнює відношенню вектора зміни швидкості за цей час до проміжку часу  $\Delta t$ :

$$\vec{a}_{\text{сеп}} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}.$$

**Середнє прискорення напрямлене вздовж вектора зміни швидкості.**

*Миттєве прискорення* дорівнює:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{a}_{\text{сеп}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}.$$

тобто миттєве прискорення дорівнює першій похідній від швидкості за часом.

Одиниця прискорення в СІ — м/с<sup>2</sup>.

## 1.3. Графічні залежності кінематичних величин від часу

Дуже зручно подавати залежність кінематичних величин від часу графічно.

## Рівномірний прямолінійний рух

Рівномірний прямолінійний рух відбувається зі сталою в часі за модулем і напрямом швидкістю. Для цього руху середня і миттєва швидкості однакові, а прискорення дорівнює нулю.

На рис. 1.6, *a* наведено залежність прискорення від часу, на рис. 1.6, *б* — швидкості від часу.

Обчисливши площу заштрихованого прямокутника на рис. 1.6, *б* можна розрахувати шлях тіла, пройденого за час  $\Delta t$ :

$$\Delta s = v\Delta t = v(t_2 - t_1).$$

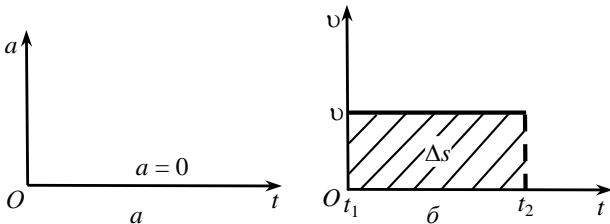


Рис. 1.6

Графік залежності шляху від часу наведено на рис. 1.7.

Побудувавши графік залежності шляху від часу, можна визначити швидкість точки в момент часу  $\Delta t$  так:

$$v = \operatorname{tg}\alpha = \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

Отже, за графіком залежності швидкості від часу  $v = v(t)$  можна визначити пройдений тілом шлях, а за графіком залежності шляху від часу  $\Delta s = \Delta s(t)$  — швидкість тіла.

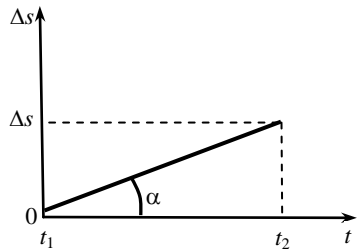


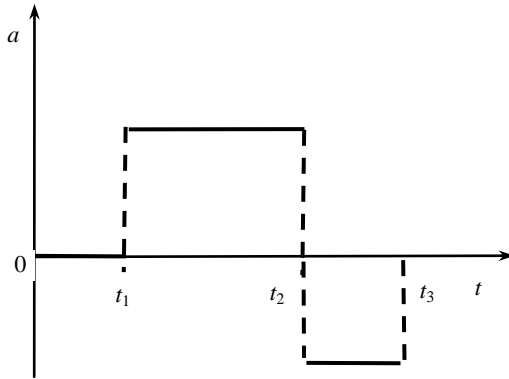
Рис. 1.7



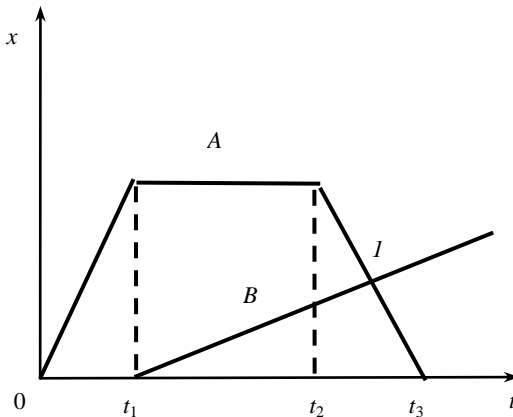
## 6. ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО РОЗВ'ЯЗУВАННЯ

### Кінематика

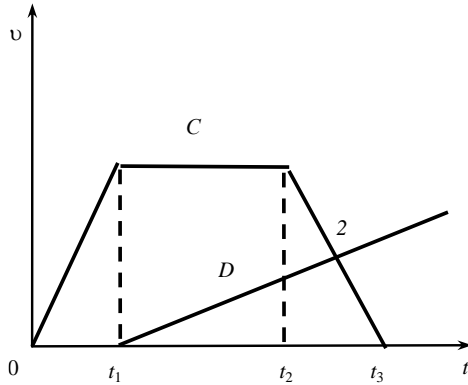
1. Задано графік залежності прискорення тіла від часу. Накреслити графіки залежності швидкості та шляху тіла від часу.



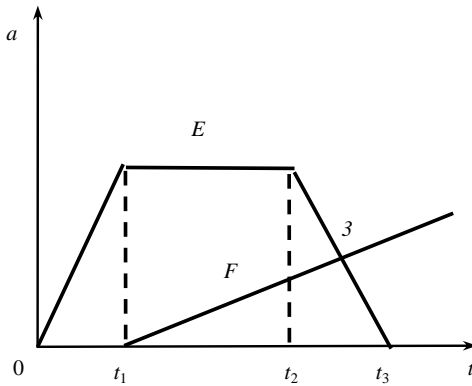
2. За графіками залежності координат тіл від часу описати характер руху тіл  $A$  та  $B$  за інтервали часу  $0 - t_1$ ,  $t_1 - t_2$ ,  $t_2 - t_3$ .



3. За графіками залежності швидкостей від часу описати характер руху тіл  $C$  та  $D$  за інтервали часу  $0 - t_1$ ,  $t_1 - t_2$ ,  $t_2 - t_3$ .



4. За графіками залежності прискорень від часу описати характер руху тіл  $E$  та  $F$  за інтервали часу  $0 - t_1$ ,  $t_1 - t_2$ ,  $t_2 - t_3$ .



5. Відстань між містами дорівнює 360 км. Автомобіль проїхав перші 120 км за 2 год, а решту шляху — з швидкістю 80 км/год. Визначити середню швидкість автомобіля. (72 км/год).

6. Рухаючись рівноприскорено зі стану спокою, тіло за п'ять секунд пройшло шлях 18 м. Чому дорівнює прискорення і який шлях тіло пройшло за 5 с? ( $4 \text{ м/с}^2$ , 50 м).

7. Рівняння швидкості руху тіла задано виразом  $v = bt$ . Визначити початкову швидкість і прискорення даного тіла. Побудувати графік швидкості і знайти модуль переміщення тіла за перші 3 с. ( $0 \text{ м/с}$ ,  $6 \text{ м/с}^2$ , 27 м).

8. Літак починає посадку на аеродром із швидкістю 576 км/год. Через скільки секунд літак зупиниться, рухаючись з прискоренням  $8 \text{ м/с}^2$ ? Який шлях він пройде за цей час? (20 с, 1,6 км).

9. Швидкість потягу за 40 с зменшилась від 72 км/год до 36 км/год. Записати формулу залежності швидкості від часу та знайти шлях, пройдений потягом до зупинки. (20–0,25*t*, 800 м).

10. Тіло, що має початкову швидкість 1 м/с, рухаючись рівномірно, набуває проходячи деяку відстань, швидкість 7 м/с. Якою була швидкість тіла на половині цієї відстані? (5 м/с).

11. Кондуктор пасажирського поїзда швидкість якого 54 км/год., помітив, що зустрічний товарний поїзд, довжина якого 150 м, пройшов повз нього за 6 с. Визначити швидкість товарного поїзда. (36 км/год).

12. Мотоцикліст почав рухатись із стану спокою з прискоренням  $0,3 \text{ м/с}^2$  і протягом 1 хв рухався прямолінійно. Визначити шлях, що пройшов мотоцикліст, та його швидкість через хвилину після початку руху. Побудувати графік залежності шляху та швидкості від часу. (54 м, 18 м/с).

13. Швидкість поїзда протягом 10 с збільшилась з 10 до 15 м/с, далі протягом 18 с він рухався рівномірно. Побудувати графік швидкості. Визначити пройдений шлях і середню швидкість на всьому шляху. (395 м, 14,1 м/с).

14. Моторний човен проходить відстань між пунктами *A* і *B*, розміщеними на березі ріки за 3 години, а пліт – за 12 год. Скільки часу потрібно моторному човну на зворотний шлях? (6 год).

15. Тіло, яке вийшло з деякої точки *O*, рухалося з постійним за значенням і напрямом прискоренням. Швидкість його наприкінці п'ятої секунди була 1,5 м/с, в кінці шостої секунди тіло зупинилося. Знайти шлях, пройдений тілом до зупинки, і визначити швидкість, з якою тіло вийшло з точки *O*. (27 м, 9 м/с).

16. Залежність швидкості матеріальної точки від часу має вигляд  $v_x = 6 \cdot t \text{ м/с}$ . Записати залежність координати тіла від часу, якщо в початковий момент  $t=0$  точка мала координату  $x_0 = 6 \text{ м}$ . Обчислити шлях, пройдений точкою за 10 с. ( $x = 6 + 3 \cdot t^2$ , 300 м).

17. Залежність швидкості від часу задана рівнянням  $v = 10 - 2t$ . Знайти початкову швидкість та прискорення даного руху. Побудувати графік швидкості і знайти шлях, пройдений тілом за перші 4 с руху. (10 м/с,  $-2 \text{ м/с}^2$ , 24 м).

18. Тіло падає з висоти 2000 м. За який час воно пройде перші і останні 100 м шляху? (4,52 с, 0,51 с).

# ЗМІСТ

Передмова .....	3
<b>Розділ МЕХАНІКА</b> .....	5
1. КІНЕМАТИКА .....	7
1.1. Швидкість .....	10
1.2. Прискорення .....	12
1.3. Графічні залежності кінематичних величин від часу .....	12
1.4. Види прямолінійного руху .....	15
1.5. Криволінійний рух .....	18
2. ДИНАМІКА .....	28
2.1. Закони Ньютона .....	28
2.2. Сили, що існують у природі .....	32
2.3. Закон збереження імпульсу .....	44
2.4. Закон збереження енергії .....	45
3. МЕХАНІКА РІДИН ТА ГАЗІВ .....	52
3.1. Тиск. Закон Паскаля .....	52
3.2. Закон Архімеда .....	54
3.3. Закон Бернуллі .....	56
4. Тестові завдання для перевірки теоретичних знань .....	59
5. Приклади розв'язування задач .....	68
6. Задачі для самостійного розв'язування .....	100
<b>Розділ. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА</b> .....	113
1. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА .....	114
1.1. Маса молекули .....	116
1.2. Розмір молекул .....	117
1.3. Швидкість молекул газу .....	117
1.4. Ідеальний газ. Основне рівняння МКТ .....	118
1.5. Температура газу .....	119
1.6. Рівняння стану ідеального газу .....	120
1.7. Ізопроееси. Газові закони .....	122
2. ТЕРМОДИНАМІКА .....	126
2.1. Внутрішня енергія .....	126
2.2. Кількість теплоти .....	127
2.3. Робота .....	129
2.4. Перший закон термодинаміки. Ізопроееси .....	130
2.5. Другий закон термодинаміки .....	132
2.6. Теплова машина .....	133
3. РІДИНИ І ТВЕРДІ ТІЛА .....	136
3.1. Властивості рідин .....	136
4. Тестові завдання для перевірки теоретичних знань .....	143
5. Приклади розв'язування задач .....	149
6. Задачі для самостійного розв'язування .....	166

<b>Розділ ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ</b> .....	175
1. ЕЛЕКТРОСТАТИКА .....	176
1.1. Взаємодія нерухомих заряджених тіл .....	176
1.2. Електричне поле .....	178
2. ЗАКОНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ .....	193
2.1. Умови існування електричного струму. Джерело струму .....	193
2.2. Сила електричного струму. Опір провідника .....	194
2.3. Закон Ома .....	195
2.4. Послідовне і паралельне з'єднання провідників .....	196
2.5. Шунт і додатковий опір .....	198
2.6. Робота струму. Потужність. Закон Джоуля—Ленца .....	199
2.7. Хімічна дія електричного струму. Закони електролізу .....	200
3. МАГНІТНЕ ПОЛЕ .....	202
3.1. Характеристика магнітного поля .....	202
3.2. Дія магнітного поля на провідник зі струмом .....	203
3.3. Дія магнітного поля на рухомий електричний заряд .....	204
4. Тестові завдання для перевірки теоретичних знань .....	213
5. Приклади розв'язування задач .....	220
6. Задачі для самостійного розв'язування .....	233
<b>Розділ КОЛИВАННЯ ТА ХВИЛІ</b> .....	241
1. Механічні та електромагнітні коливання .....	241
2. Механічні та електромагнітні хвилі .....	254
4. Тестові завдання для перевірки теоретичних знань .....	258
5. Приклади розв'язування задач .....	262
6. Задачі для самостійного розв'язування .....	269
<b>Розділ ОПТИКА. ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ ВІДНОСНОСТІ. КВАНТОВА ФІЗИКА</b> .....	280
1. Оптика .....	281
2. Елементи теорії відносності .....	287
3. Квантова фізика .....	289
4. Атом і атомне ядро .....	291
5. Тестові завдання для перевірки теоретичних знань .....	295
5. Приклади розв'язування задач .....	298
6. Задачі для самостійного розв'язування .....	306
<b>Список літератури</b> .....	313

*Навчальне видання*

**КУЗНЄЦОВА Олена Яківна  
МУРАНОВА Наталя Петрівна**

# ФІЗИКА

## ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА

Навчальний посібник

Редактор *Л. Бондаренко*  
Художник обкладинки *Т. Зябліцева*  
Верстка *Л. Колодіной*

Підп. до друку 20.06.07. Формат 60×84/16. Папір офсет. № 1.  
Гарнітура Тип Таймс. Друк офсет. Ум. друк. арк. 18,0  
Обл.-вид. Арк 19,0 Наклад 1000 пр. Зам. № 06-157.

Книжкове видавництво Національного авіаційного університету  
03058, м. Київ, просп. Космонавта Комарова, 1

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру  
суб'єктів видавничої справи (серія ДК, № 977 від 05.07.2002)

Тел. (044) 406-71-33. Тел./факс: (044) 406-78-33

E-mail: [publish@nau.edu.ua](mailto:publish@nau.edu.ua)

Друк СПД Богданов В. О.  
03126, м. Київ, вул. М. Донця, 12, к. 27