

РОЗДІЛ І. МЕХАНІКА

ЧАСТИНА 1. КІНЕМАТИКА



§ 4. ОСНОВНА ЗАДАЧА МЕХАНІКИ. АБЕТКА КІНЕМАТИКИ

Уявіть, що виникла аварійна ситуація, коли на одній колії опинилися два поїзди: товарний рухається зі швидкістю 50 км/год, а позаду нього, на відстані 1 км, їде експрес зі швидкістю 70 км/год. Машиніст експреса починає гальмувати. Чи є неминучою катастрофа? Скільки часу потрібно експресу для зупинки? Який шлях подолає за цей час товарний поїзд? Яку найменшу відстань має подолати експрес до зупинки? Від чого це залежить? Згадаємо, що на ці та багато інших подібних питань відповідає розділ фізики, який називають «Механіка».

1

Що вивчає механіка

Механіка — наука про механічний рух матеріальних тіл і про взаємодії, які при цьому відбуваються між тілами.

Основна задача механіки — пізнати закони механічного руху тіл, взаємодій між тілами, передбачати поведінку тіл на основі законів механіки, визначати механічний стан тіла (координати та швидкість руху) в будь-який момент часу (див., наприклад, [рис. 4.1](#)).

Механіка у своєму складі має кілька розділів, зокрема **кінематику** — розділ механіки, який вивчає рух тіл і при цьому не розглядає причин, якими цей рух викликаний. Інакше кажучи, кінематика не відповідає на запитання на зразок: «Чому саме через 2 км зупиниться експрес?», — вона тільки описує рух. А от причини зміни руху тіл розглядає розділ механіки, який називають **динаміка**.

2

Складники системи відліку

Механічний рух — зміна з часом положення тіла (або частин тіла) в просторі відносно інших тіл.

Тіло, відносно якого розглядають рух усіх інших тіл, про які йдеться в певній задачі, називають **тілом відліку**. Щоб визначити положення тіла в просторі в даний момент часу, з **тілом відліку пов'язують систему координат**, яку задають за допомогою однієї, двох або трьох координатних осей (відповідно одновимірну, двовимірну або тривимірну систему координат), і **прилад для відліку часу** (годинник, секундомір тощо).



Рис. 4.1. На перехресті не відбулося жодної дорожньо-транспортної пригоди, оскільки всі учасники руху правильно розв'язали основну задачу механіки

Тіло відліку, пов'язані з ним система координат і прилад для відліку часу утворюють **систему відліку** (див. рис. 4.2).

Доки не обрано систему відліку, неможливо стверджувати, рухається тіло чи перебуває в стані спокою. Наприклад, люди, що сидять у тролейбусі, не рухаються відносно одне одного, але разом із тролейбусом вони рухаються відносно полотна дороги.

? Розгляньте рис. 4.2. Назвіть тіла або частини тіл, які здійснюють механічний рух. Відносно яких тіл ви розглядали ці рухи?

3 Коли розмірами тіла можна знехтувати

Будь-яке фізичне тіло складається з величезної кількості частинок. Наприклад, в 1 см^3 води міститься понад $3 \cdot 10^{22}$ молекул. Це в багато разів більше, ніж кількість людей на Землі ($7,6 \cdot 10^9$, або 7,6 млрд осіб). А щоб визначити розташування тіла в просторі, потрібно, говорячи строго, визначити розташування кожної його точки. Тож як розв'язати основну задачу механіки? З попереднього курсу фізики ви знаєте, що досить часто тіло уявно замінюють його фізичною моделлю — *матеріальною точкою*. Матеріальна точка не має розмірів, а її маса дорівнює масі тіла.



Рис. 4.2. Складники системи відліку: тіло відліку, система координат, прилад для відліку часу

Матеріальна точка — це фізична модель тіла, розмірами якого в умовах задачі можна знехтувати.

Те саме тіло в умовах однієї задачі можна вважати матеріальною точкою, а в умовах іншої — не можна (див. [рис. 4.3](#)). Далі, якщо не буде спеціальних застережень, розглядаючи рух тіла та визначаючи його координати, вважатимемо дане тіло матеріальною точкою.

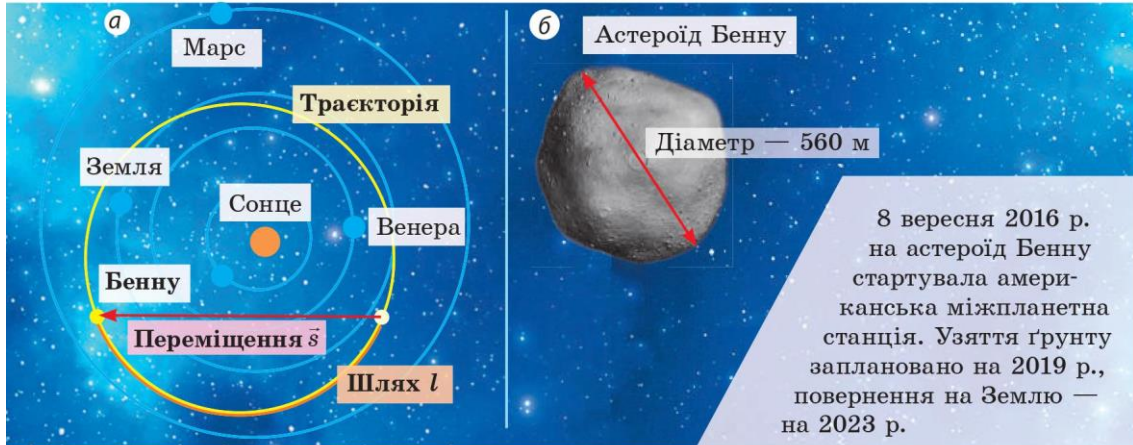


Рис. 4.3. Досліджуючи рух астероїда Бенну по орбіті, розміром астероїда можна знехтувати та вважати його матеріальною точкою (а); плануючи спуск на астероїд робота, розмірами астероїда нехтувати не можна (б)

Уявну лінію, в кожній точці якої послідовно перебувала матеріальна точка під час руху, називають **траєкторією руху**. Наприклад, траєкторією руху астероїда Бенну є еліпс (жовта лінія на [рис. 4.3, а](#)).

Якщо визначити довжину ділянки траєкторії, яку описав астероїд, наприклад, за три земні місяці, знайдемо шлях l , який подолав астероїд за цей час ($l \approx 262$ млн км) (оранжево-жовта лінія на [рис. 4.3, а](#)). **Шлях** — це фізична величина, яка дорівнює довжині траєкторії або довжині її певної ділянки.

4 Переміщення. Проекція переміщення

З'єднаємо напрямленим відрізком (вектором) положення астероїда на момент початку спостереження з його положенням наприкінці спостереження (див. [рис. 4.3, а](#)). Цей вектор — переміщення астероїда за даний інтервал часу.

Переміщення $\vec{s}$ — це векторна величина, яку графічно подають у вигляді напрямленого відрізка прямої, який з'єднує початкове і кінцеве положення матеріальної точки.

Переміщення вважають заданим, якщо відомі *напрямок* і *модуль переміщення*. Модуль переміщення s — це довжина вектора переміщення.

Одиниця модуля переміщення в СІ — **метр**:

$$[s] = 1 \text{ м (м)}^*.$$

* Тут і далі в дужках наведено міжнародні позначення одиниць СІ.

У більшості випадків вектор переміщення не напрямлений уздовж траєкторії руху тіла: шлях, пройдений тілом, зазвичай більший, ніж модуль переміщення (див. рис. 4.3, а). Шлях і модуль переміщення виявляються рівними, тільки коли тіло рухається вздовж прямої в незмінному напрямку.

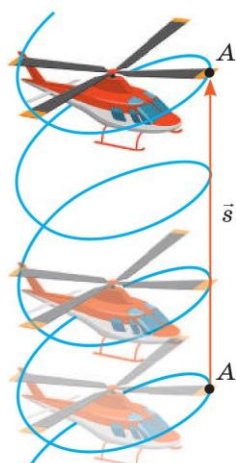
- ❓ Наведіть приклади руху тіл, за якого:
- шлях дорівнює модулю переміщення;
 - шлях є більшим за модуль переміщення;
 - модуль переміщення дорівнює нулю.

Якщо відомі початкові координати і переміщення тіла на даний момент часу, можна визначити положення тіла в цей момент часу, тобто *розв'язати основну задачу механіки*. Однак за формулами, записаними у векторному вигляді, здійснювати обчислення доволі складно, адже в цьому випадку доводиться постійно враховувати напрямки векторів. Тому для розв'язування задач використовують *проекції вектора переміщення на осі координат* (рис. 4.4).

5 У чому полягає відносність механічного руху

Траєкторія, шлях, переміщення, а отже, швидкість руху тіла залежать від вибору системи відліку — в цьому полягає **відносність механічного руху**.

Переконайтесь у відносності механічного руху: розгляньте рух точки А на лопаті гвинта гелікоптера під час його вертикального зльоту, прийнявши, що за час спостереження гвинт гелікоптера зробив три оберти (рис. 4.5).



Система відліку «Гелікоптер»:

- траєкторія руху точки А — коло;
- шлях l — три довжини кола: $l = 3 \cdot 2\pi R$;
- модуль переміщення $s = 0$.

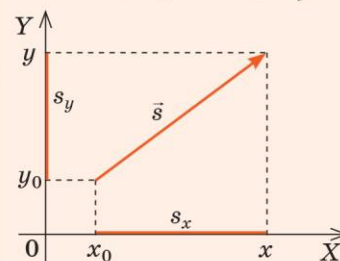
Система відліку «Земля»:

- траєкторія руху точки А — гвинтова лінія;
- шлях l — довжина гвинтової лінії;
- модуль переміщення s — висота, на яку піднявся гелікоптер: $s = h$.

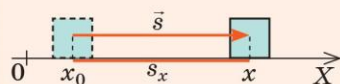
Рис. 4.5. Траєкторія, шлях і переміщення гелікоптера в різних системах відліку

- У будь-який момент часу координати тіла можна визначити за формулами:

$$x = x_0 + s_x; \quad y = y_0 + s_y$$



- $s_x = s$, якщо напрямок переміщення збігається з напрямком осі координат:



- $s_x = -s$, якщо напрямок переміщення протилежний напрямку осі координат:

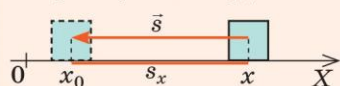


Рис. 4.4. Координатний метод визначення положення тіла



Нам здається очевидним, що час руху тіла не залежить від вибору системи відліку. Тобто *інтервал часу між двома даними подіями в усіх системах відліку має те саме значення*. Це твердження — одна з найважливіших аксіом класичної механіки. І це дійсно так, але тільки тоді, коли швидкість руху тіла є набагато меншою за швидкість поширення світла (рух саме з такими швидкостями розглядають у *класичній механіці*).

Якщо швидкість руху тіла порівнянна зі швидкістю поширення світла, то час для цього тіла сповільнюється. Рух зі швидкостями, які порівнянні зі швидкістю поширення світла, розглядають у *релятивістській механіці*.

6 Згадуємо види механічного руху

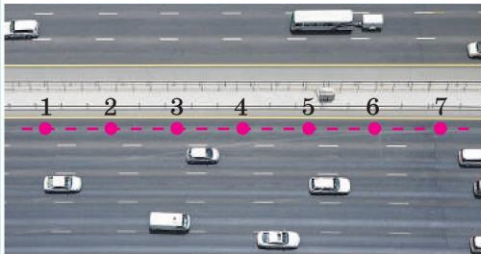
Ви знаєте, що за *характером руху* розрізняють *рівномірний* і *нерівномірний* рухи, за *формою траєкторії* — *прямолінійний* і *криволінійний* рухи.

Уважно розгляньте таблицю нижче та дайте означення деяких механічних рухів: рівномірного прямолінійного, рівномірного криволінійного, нерівномірного прямолінійного, нерівномірного криволінійного. Наведіть власні приклади таких рухів. (Червоні точки в таблиці показують положення тіла через деякі рівні інтервали часу.)

Рівномірний рух — рух, під час якого матеріальна точка за будь-які рівні інтервали часу долає однаковий шлях

Прямолінійний рух

Траєкторія руху — пряма лінія



Криволінійний рух

Траєкторія руху — крива лінія



Нерівномірний рух — рух, під час якого матеріальна точка за рівні інтервали часу долає різний шлях

Прямолінійний рух

Траєкторія руху — пряма лінія



Криволінійний рух

Траєкторія руху — крива лінія





Підбиваємо підсумки

- Механіка — наука про механічний рух матеріальних тіл і про взаємодії, які при цьому відбуваються між тілами. Основна задача механіки — пізнати закони руху та взаємодії матеріальних тіл, на основі цих законів передбачати поведінку тіл та визначати механічний стан тіл у будь-який момент часу.
- Механічний рух — зміна з часом положення тіла (або частин тіла) в просторі відносно інших тіл. Розв'язуючи задачу про механічний рух, обов'язково слід обрати систему відліку: тіло відліку, пов'язані з ним систему координат і прилад для відліку часу.

- Матеріальна точка — це фізична модель тіла, розмірами якого в умовах задачі можна знехтувати. Маса матеріальної точки збігається з масою тіла.

Лінію руху матеріальної точки в просторі називають траєкторією.

Координати матеріальної точки у двовимірній системі координат обчислюють за формулами: $x = x_0 + s_x$; $y = y_0 + s_y$.

- Шлях l — це фізична величина, що чисельно дорівнює довжині траєкторії руху матеріальної точки за даний інтервал часу.

Переміщення $\vec{s}$ — це векторна величина, яку графічно подають у вигляді напрямленого відрізка прямої, проведеного з початкового положення матеріальної точки до її кінцевого положення.

Одиниця шляху та модуля переміщення в СІ — метр (м).

- Траєкторія руху, шлях і переміщення тіла залежать від вибору системи відліку — в цьому полягає відносність механічного руху.



Контрольні запитання

1. Що вивчає механіка?
2. Якою є основна задача механіки?
3. Дайте означення механічного руху.
4. Наведіть приклади різних механічних рухів.
5. Назвіть складники системи відліку.
6. Які види систем координат ви знаєте?
7. У яких випадках тіло, що рухається, можна розглядати як матеріальну точку? Наведіть приклад.
8. Опишіть шлях і переміщення за планом характеристики фізичної величини (див. форзац підручника).
9. У чому полягає відносність механічного руху? Наведіть приклад.



Вправа № 4

1. Яку систему координат (одновимірну, двовимірну, тривимірну) ви оберете, описуючи такі рухи: підйом ліфта; рух човна по поверхні води; біг футболіста на полі; політ метелика; спуск спортсменки з гори на лижах?
2. Назвіть декілька тіл відліку, відносно яких ви зараз рухаєтесь. У якому напрямку відбувається цей рух?
3. Із яким тілом потрібно пов'язати систему відліку, щоб ваші шлях і переміщення в будь-який момент часу дорівнювали нулю? Чи зручно буде ця система відліку для опису вашого руху?
4. Автомобіль рухається на повороті дороги, який являє собою чверть дуги кола радіуса 20 м. Визначте шлях і модуль переміщення автомобіля за час повороту.
5. Із повітряної кулі, що летить горизонтально, впав невеликий важкий предмет. Якою буде траєкторія руху цього предмета відносно кулі? відносно людини, яка спостерігає за рухом кулі, сидячи на галявині?