

## Лабораторна робота № 1.

**Тема:** Дослідження прямолінійного рівноприскореного руху.

**Мета:** навчитись експериментально визначати прискорення рівнозмінного руху тіл; визначити прискорення, з яким скочується кулька по похилій площині; встановити характер залежності між величинами, які описують рівнозмінний рух; встановити співвідношення між шляхами, які проходить кулька за кожну секунду свого руху.

**Обладнання:** Жолоб Галілея, металева кулька, секундомір и метроном, штатив з муфтою і затискачем, металевий циліндр, мірна стрічка.

### Теоретичні відомості

*Механічний рух* – це явище зміни положення тіла відносно інших тіл в просторі з часом. За характером траєкторії механічний рух поділяється на прямолінійний і криволінійний. *Прямолінійним* називають такий рух, при якому траєкторією руху тіла є пряма.

За характером зміни швидкості механічний рух поділяють на рівномірний і нерівномірний. *Рівномірний рух* – це рух при якому тіло за будь-які рівні проміжки часу проходить однакові шляхи. Тобто при рівномірному русі швидкість тіла не змінюється. Однак, рівномірного руху в природі не існує і тому особливий інтерес викликає вивчення нерівномірного руху, тобто такого руху, під час якого швидкість рухомого тіла змінюється.

Одним з видів нерівномірного руху є такий, при якому швидкість тіла змінюється (збільшується чи зменшується) за будь-які рівні проміжки часу на однакову величину. Такий рух називають *рівнозмінним*.

Для того щоб охарактеризувати бистроту зміни швидкості тіла при рівнозмінному русі ввели поняття прискорення. *Прискорення* – це фізична величина, яка чисельно рівна зміні швидкості тіла за одиницю часу. Прискорення позначають літерою  $[a]$  і в СІ вимірюють в  $m/c^2$ . За означенням:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \quad (1)$$

Як видно з формули (1) прискорення є векторною величиною і вектор прискорення колінеарний співнапрямлений з вектором зміни швидкості тіла за одиницю часу:  $\vec{a} \uparrow \uparrow \Delta\vec{v}, \Delta\vec{v} = \vec{v} - \vec{v}_0$ .

Як вже зазначалось вище, при рівнозмінному русі швидкість тіла може збільшуватись чи зменшуватись на однакову величину. Тому виділяють два види рівнозмінного руху: *рівноприскорений* і *рівносповільнений*. *Рівноприскорений* – це такий рух, при якому швидкість тіла зростає за будь-які рівні проміжки часу на однакову величину, а *рівносповільнений* – це рух при якому швидкість тіла зменшується за будь-які рівні проміжки часу на однакову величину. В даній лабораторній роботі ми будемо знайомитись лише з рівноприскореним рухом.

Для того щоб дати відповідь на основне запитання кінематики (де буде тіло у конкретний момент часу) нам потрібно знати функціональну залежність між основними фізичними величинами, які характеризують рівнозмінний рух (координата, швидкість, прискорення, шлях, переміщення) і часом.

Оскільки швидкість тіла при рівнозмінному русі змінюється на однакову величину за будь-які рівні проміжки часу, то під час рівнозмінного руху прискорення тіла є величиною сталою (не залежить від часу). Отже, рівняння прискорення для рівнозмінного руху має вигляд  $a = const$  (2).

З означення прискорення (1) можна виразити миттєву швидкість тіла  $\vec{v}$  і отримати залежність миттєвої швидкості від часу:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t \quad (3)$$

де  $\vec{v}$  - миттєва швидкість тіла в момент часу  $t$ ;

$\vec{v}_0$  - початкова швидкість тіла (в момент часу  $t_0=0$ );

$\vec{a}$  - прискорення руху тіла.

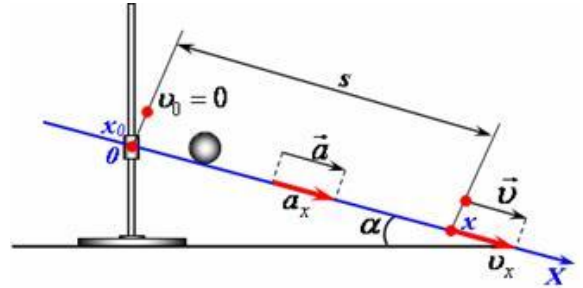
Рівняння (3) можна переписати і в проекціях на осі координат, наприклад на вісь  $OX$ :  $v_x = v_{0x} + a_x t$ , де  $v_x, v_{0x}, a_x$  - проекції відповідних векторів на вісь  $OX$ .

Рівняння шляху  $s$  для рівнозмінного руху в проекціях на деяку вісь, наприклад  $OX$ , матиме вигляд:

$$s = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} \quad (4)$$

Врахувавши, що  $s = x - x_0$  (де  $x$  – координата тіла в момент часу  $t$ , а  $x_0$  – координата тіла в момент часу  $t_0=0$ ) рівняння координати для рівнозмінного руху матиме вигляд:

З допомогою отриманих законів руху, опишемо рух кульки по похилому жолобу. Для цього систему відліку пов'яжемо з жолобом, спрямувавши вісь  $OX$  вздовж жолоба згори донизу: (рис 1).



**Рис. 1.**

Для спрощення розрахунків, початок відліку осі  $OX$  розташуємо у точці початкового положення кульки на верхньому кінці жолоба, тоді  $x_0=0$ . Оскільки кулька скочується без початкової швидкості, то  $v_0=0$ .

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} \quad (5)$$

Оскільки рух кульки рівноприскорений, то  $\Delta v = v - v_0 = v$   $\Delta v > 0$  і  $\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{v}$ .

Спроектувавши вектори миттєвої швидкості  $\vec{v}$  і прискорення  $\vec{a}$  на вісь  $OX$  (рис 1), запишемо рівняння шляху для даного випадку:

$$s = \frac{at^2}{2} \quad \text{звідки} \quad a = \frac{2s}{t^2}$$

Рівняння швидкості, в свою чергу, матиме вигляд:

$$v = at$$

## Хід роботи

### I. Вимірювання прискорення тіла під час рівноприскореного руху.

1. Опрацюйте теоретичні відомості та інструкцію лабораторної роботи. Підготуйте у роботі таблицю даних 1 для запису результатів вимірювань та обчислень.

2. Закріпити жолоб Галілея за допомогою штатива в похилому положенні під невеликим кутом до горизонту. Біля нижнього кінця жолоба покласти в нього металевий циліндр.

3. Виміряйте кут нахилу  $\alpha$  похилої площини до горизонту за формулою  $\sin \alpha = h / L$ , де  $h$  – висота верхнього краю жолоба над горизонтальною поверхнею,  $L$  – довжина жолоба (рис 2).

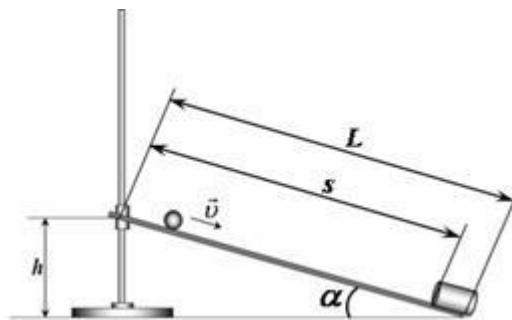


Рис. 2.

4. Розташуйте кульку на верхньому кінці жолоба і відпустіть. За допомогою секундоміра виміряйте час  $t$  від моменту початку руху кульки до моменту її удару об циліндр, встановлений у нижньому кінці жолоба.

5. За допомогою мірної стручки виміряйте шлях  $s$ , пройдений кулькою за час  $t$ . Не змінюючи положення жолоба провести дослід мінімум 5 разів, визначивши середнє значення шляху  $s_{cp}$  та часу  $t_{cp}$ .

6. Обчислити середнє значення модуля прискорення кульки за формулою  $a_{cp} = 2s_{cp} / t_{cp}^2$ . Результати вимірювань і обчислень занести до складеної Вами таблиці 1. Визначити абсолютну та відносну похибки вимірювання прискорення.

7. Змініть кут нахилу жолоба  $\alpha$  та повторіть дослід (пункти 3 - 6) для 5 різних значень  $\alpha$ . Результати вимірювань та обчислень занесіть до таблиці 1.

8. За даними вимірювань і обчислень на міліметровому папері побудуйте графік залежності прискорення кульки від кута нахилу  $\alpha$  похилого жолоба до горизонту.

9. Зробіть висновок, у якому опишіть свої здобутки, яких Ви набули, виконуючи дану роботу; головні причини похибок; основні, на Ваш погляд, недоліки та переваги даного дослідження; пропозиції щодо його покращення.

## II. Перевірка законів рівнозмінного руху.

1. Опрацюйте теоретичні відомості та інструкцію лабораторної роботи. Підготуйте у роботі таблиці даних 2 та 3 для запису результатів вимірювань та обчислень.

2. Встановіть жолоб під невеликим кутом  $\alpha$  ( $10^0$ – $20^0$ ) до горизонтальної поверхні та визначте його.

3. Знайдіть прискорення  $a$  руху кульки по жолобу, використовуючи інструкцію попереднього досліду. Результати вимірювань та обчислень занесіть до складеної Вами таблиці даних 2.

4. Розташуйте кульку на верхньому кінці жолоба і відпустіть. За допомогою секундоміра визначте положення кульки на жолобі через  $t_1 = 1$  с від початку її руху. В цьому місці на жолобі зробіть мітку та розмістіть металевий циліндр. Повторіть дослід декілька разів, корегуючи положення циліндра, і досягніть того, щоб час руху кульки від верхнього кінця жолоба до циліндра дорівнював  $1$  с.

5. Знайдіть миттєву швидкість кульки  $v_1$  через секунду від початку руху із стану спокою за формулою  $v_1 = at_1$ . Результати вимірювань та обчислень занесіть до складеної Вами таблиці даних 3.

6. Шлях  $s_1$ , який пройшла кулька за час  $t_1$  знайдіть за допомогою мірної стрічки безпосереднім вимірюванням (це відстань від точки запуску кульки до металевого циліндра). Результати вимірювань та обчислень запишіть до таблиці даних 3.

7. Виконайте дослід (пункти 4 - 6), аналогічно визначте миттєві швидкості кульки в кінці  $2$ -ї,  $3$ -ї,  $4$ -ї і т.д. секунд ( $v_2, v_3, v_4$  і т.д.) та шляхи пройдені кулькою за дві, три, чотири і т.д. секунди. Результати вимірювань та обчислень занесіть до таблиці даних 3. Перевірте співвідношення  $v_1 : v_2 : v_3 : v_4$   
 $\dots = t_1 : t_2 : t_3 : t_4 \dots$

8. За даними вимірювань і обчислень на міліметровому папері побудуйте такі графіки: 1) графік залежності миттєвої швидкості кульки від часу  $v(t)$ ; 2) графік залежності шляху, який пройшла кулька, від часу  $s(t)$ ; 3) графік пройденого шляху від миттєвої швидкості  $s(v)$ .

9. Використовуючи графік миттєвої швидкості кульки від часу  $v(t)$  знайдіть та запишіть під графіком: **1)** середню швидкість кульки за час  $t$  ( $t$  – час, за який кулька рухатиметься від верхнього краю жолоба до нижнього); **2)** шлях пройдений кулькою за весь час руху  $t$  та порівняйте його з довжиною жолоба.

10. Оцініть похибки вимірювань та обчислень, запишіть їх до таблиць даних 2 і 3.

11. Зробіть висновок, у якому опишіть свої здобутки, яких Ви набули, виконуючи дану роботу; головні причини похибок; встановіть характер залежності між основними величинами, які характеризують рівнозмінний рух; вкажіть на основні, на Ваш погляд, недоліки та переваги даного дослідження; пропозиції щодо його покращення.

### **Творче завдання:**

За допомогою наданого обладнання встановіть співвідношення між шляхами, які проходить кулька за першу, другу, третю і т.д.  $n$ -ну секунди. Звіт про виконання завдання оформіть на окремому аркуші в такій послідовності:

- розробіть та коротко опишіть ідею та інструкцію виконання роботи (не більше 5 пунктів з одного – двох речень);
- проведіть дослідження відповідно до Вашої інструкції, складіть та заповніть таблицю даних;
- результати дослідження можна представити у вигляді числового співвідношення, короткого висновку, можливо, графічної залежності тощо;
- бажано теоретично підтвердити результати дослідження (довести формулу співвідношення шляхів, використовуючи закони рівнозмінного руху).