

4.1.1 Вивчення законів рівноприскореного поступального руху на прикладі руху тіла, що вільно падає

Детальний опис роботи подано в [1, (робота 1); 8, (робота М-1.2)].

Метою роботи є експериментальна перевірка законів кінематики рівноприскореного поступального руху на прикладі руху тіла, що вільно падає.

Робочою формулою розглядуваної роботи є залежність висоти h тіла, що вільно падає, від часу падіння t , а саме

$$h = \frac{gt^2}{2}, \quad (1.1.1)$$

де g – прискорення вільного падіння.

Мети роботи досягають через вимірювання часу вільного падіння t тіла з різних висот h . Ці сукупні вимірювання пар величин (h, t) дають змогу експериментально відшукати прискорення вільного падіння g .

Висновок щодо чинності робочої формули, а отже й досліджуваних законів кінематики рівноприскореного поступального руху, можна зробити порівнянням експериментального значення g з його відомим значенням для тієї широти, де розташована дослідна установка. Для України, що розташована між 44° та 53° північної широти, значення g змінюється дуже незначно (таблиця 3, [21]) і може вважатися таким, що дорівнює $g_{\text{іст}} = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Таблиця 3 Залежність прискорення вільного падіння від географічної широти θ

θ , град	g , м/с^2
45	9,806159
50	9,810663
55	9,815034

Уведемо позначення $z = t^2/2$. Тоді *розрахункова формула* лабораторної роботи набере вигляду:

$$h = gz \quad (1.1.2)$$

Рекомендована така *таблиця вимірювань*.

N	h , м	t , с	\bar{t} , с	z , с^2
1	2	3	4	5
1

З огляду на метод опрацювання результатів досліді мінімальне число сукупних вимірювань N (стовпчик 1) має дорівнювати 7. Для кожного значення висоти h (стовпчик 2) слід провести $n = 3 \div 5$ вимірювань часу падіння (стовпчик 3).

Алгоритм опрацювання результатів експерименту

1. Для кожного значення висоти падіння h обчислити середній час падіння

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \text{ та величину } z = \bar{t}^2/2. \text{ Результати розрахунків занести у 4 та 5 стовпчи-}$$

ки таблиці відповідно.

2. На міліметровому папері побудувати графік залежності $h(z)$. Як випливає з формули (1.1.2) цей графік має бути відрізком прямої, кут нахилу α якої до осі z пов'язаний з шуканим середнім значення прискорення вільного падіння \bar{g} співвідношенням

$$\bar{g} = \operatorname{tg} \alpha. \quad (1.1.3)$$

Виходячи з обраних масштабів вздовж осей h та z , відшукуйте \bar{g} .

✎ Корисна порада 1. Як побудувати графік

Перед побудовою будь-якого графіку слід правильно обрати масштаб та розмітку осей в яких він будуватиметься. Це треба зробити у такий спосіб, щоб експериментальні точки обійняли максимально можливу частину площини графіку, а наносити на графік експериментальні точки було зручно.

- Насамперед маєте визначити мінімальні та максимальні значення величин, які будуть відкладатися по осях графіку. Ці величини визначають з таблиці вимірювань з подальшим округленням до найближчої зручної величини. Наприклад, нехай у розглядуваній лабораторній роботі висота падіння тіла змінюється від 0,5 м до 1,1 м. Тоді початок координати h має бути обраний таким, що дорівнює 0,5 м (*а не 0 м, як зазвичай!*), а максимальне значення цієї координати, яке ще можна відкласти на осі, може лежати між 1,1 м та 1,2 м залежно від розміру використовуваного аркушу та вибраної ціни основної поділки.
- Ціну основної поділки осі зручно обирати такою, що дорівнює кроку вимірювання величини або є кратною цьому кроку. У нашому прикладі ціна основної поділки осі h має дорівнювати 0,1 м. Якщо величина змінюється нерівномірно (наприклад, саме так у нашому випадку змінюється величина z), то ціну основної поділки зазвичай визначають з огляду на зручність подальшої роботи з графіком. Часто це можна зробити так само як для осі z з нашого прикладу, а саме:

$$d_z = \frac{(z_{\max} - z_{\min}) \cdot 10}{P},$$

де d_z - ціна поділки осі z , z_{\max} та z_{\min} - визначені раніше максимальне та мінімальне округлені значення z , P - ціле число.

На осях слід позначати тільки основні поділки з відповідними цифровими значеннями, а зовсім не таблицні значення вимірюваної величини!

- *Геометричну відстань між основними поділками зазвичай зручно обирати у 50 мм (10 «великих клітинок» міліметрового паперу). Якщо це неможливо через великий розмах значень відкладаваної величини, можна вибрати й інше ціле число (1, 2, 4) «великих клітинок».*

Отже у нашому прикладі обраний масштаб осі h дорівнюватиме 0,02 м/мм, тобто кожна «маленька клітинка» міліметрового паперу вздовж осі ординат важитиме 0,02 м.

- Наприкінці рисування осей на їхніх кінчиках слід намалювати стрілочки, а поруч з ними написати умовні символи величин, що утворюють графік, з їхніми одиницями. У нашому прикладі це будуть: на осі ординат - h , м на осі абсцис - z , с^2 .

☞ Корисна порада 2. Як визначити на графіку тангенс кута нахилу прямої до осі абсцис

Насамперед слід узяти до уваги наступне.

Якщо графік залежності двох фізичних величин є відрізком прямої, то тангенс кута нахилу цієї прямої до осі абсцис є деякою фізичною величиною. Отже, як правило, він *має відповідну розмірність* (геометричний тангенс деякого кута завжди є величиною безрозмірнісною). Наприклад, у розглядуваній роботі одиницею тангенс кута нахилу є 1 м/с^2 .

Геометричний нахил прямої на графіку залежить від вибору масштабів вздовж осей, отже *ні в якому разі НЕ МОЖНА вимірювати шуканий кут нахилу транспортиром!*

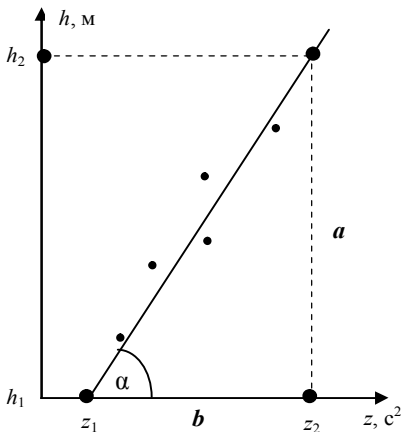


Рисунок 4

Для правильного відшукування на графіку тангенсу кута нахилу прямої до осі абсцис слід виконати такі дії (рис. 4).

- Визначити координату перетину графіком осі абсцис z_1 (значення початку осі h відоме та дорівнює h_1)
- Спроекувати яку-небудь точку графіку на осі абсцис та ординат. Відповідно до масштабу осей визначити значення z_2 та h_2 відповідно.
- Обрахувати $a = z_2 - z_1$ та $b = h_2 - h_1$. Ні в якому разі НЕ МОЖНА визначати значення a та b шляхом простого вимірювання їх лінійкою!

- Знайти $\text{tg}\alpha = \frac{a}{b}$.

3. Використовуючи правила графічного методу опрацювання експериментальних даних сукупних вимірювань (п. 2.3.1 Вступу), проведіть ще дві прямих, одна з яких має кут нахилу α_1 та йде поблизу середини основного графіку (прямої з кутом нахилу α) *крутіше*, ніж ця пряма, а друга пряма – з кутом нахилу α_2 – є *пологішою* від основної прямої й також проходить поблизу середини основного графіку.
4. Виходячи з обраних масштабів вздовж осей h та z , відшукайте $\operatorname{tg}\alpha_1$ та $\operatorname{tg}\alpha_2$. Тоді, як випливає з формули (30), для абсолютної похибки прискорення вільного падіння Δg у нашому вимірюванні маємо

$$\Delta g = \frac{\operatorname{tg}\alpha_1 - \operatorname{tg}\alpha_2}{\sqrt{N}}. \quad (1.1.4)$$

5. Запишіть результат вимірювань у стандартному вигляді:

$$g = \bar{g} \pm \Delta g, \quad (1.1.5)$$

та перевірте, чи потрапляє $g_{\text{іст}} = 9,81 \text{ м/с}^2$ у довірчий інтервал (1.1.5).

Якщо результат перевірки ствердний, то мету роботи досягнуто. Коли ж це не так, то з ймовірністю 0,99(9) ваші вимірювання некоректні та їх слід провести знову.